COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-QUATRE-VINGT-CINQUIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1927.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et C[ie], IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1927

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUILLET 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le battage des cartes.* Note de M. HADAMARD.

La question du battage des cartes, considéré au point de vue des probabilités, est apparentée à celle du postulat ergodique, fondamentale pour la Physique mathématique moderne; et c'est à ce titre que Poincaré y insistait déjà dans ses *Leçons sur le Calcul des probabilités* (¹). D'un autre côté, la méthode suivie à cet égard par Poincaré repose sur un emploi assez savant et assez compliqué des nombres complexes généralisés. Il y a intérêt à raisonner, au contraire, sous la forme la plus directe et la plus intuitive possible, permettant de bien mettre en évidence l'influence des divers éléments de la question. La démonstration qui va suivre me paraît satisfaire à ce desideratum.

On part, avec Poincaré, d'un certain nombre d'opérations élémentaires

(¹) *Leçons* rédigées par Quiquet, 2ᵉ édition, 1912, Chap. XVI.

(substitutions) possibles à chaque geste du joueur, avec, pour chacune d'elles, entendue comme il le spécifie (*loc. cit.*, p. 301), une probabilité déterminée, indépendante de la permutation à laquelle on l'applique (c'est cette hypothèse qui exprime que le jeu est sans défauts). L'ensemble de ces substitutions élémentaires et de leurs probabilités respectives est ce qui caractérise les « habitudes du joueur ». Si maintenant on effectue successivement un nombre quelconque n de coups de battage, c'est-à-dire de gestes de cette espèce, on obtient évidemment l'une quelconque S_i $(i = 1, 2, \ldots, r)$ des substitutions du groupe G dérivé des substitutions élémentaires données. Ces substitutions se présenteront d'ailleurs, au $n^{\text{ième}}$ coup, avec des probabilités respectives $P_1, P_2, \ldots, P_r$ dépendant en général de n et il s'agit de démontrer que les limites vers lesquelles tendent les P_i, pour n infini, sont toutes égales entre elles.

Il faut d'ailleurs distinguer. Il n'est nullement évident, ni même toujours vrai, que les P_i tendent chacun vers une limite unique; et il n'est même pas toujours vrai que les substitutions de G, toutes réalisables (par hypothèse) pour n suffisamment grand, le soient chacune pour *toutes* les valeurs suffisamment grandes de n. Un exemple contraire est immédiatement fourni par le cas où aucune des opérations élémentaires n'appartiendrait au groupe alterné et où, par conséquent, le groupe G comprendrait des substitutions de deux sortes, réalisables les unes seulement pour les valeurs paires, les autres seulement pour les valeurs impaires de n. Les P_i ne convergent alors que *périodiquement*.

Ceci étant remarqué, soient n', n'' et $n = n' + n''$ trois entiers positifs dont le premier sera choisi tout d'abord, le second recevant ensuite une valeur indépendante de la première et très grande. Les principes du Calcul des probabilités donnent immédiatement la relation

$$P_i = P'_{i/1} P''_1 + P'_{i/2} P''_2 + \ldots + P'_{i/r} P''_r \tag{1}$$

dans laquelle, l'abréviation $S_{i/j}$ désignant la substitution $S_i S_j^{-1}$, la notation $P'_{i/j}$ représente la probabilité correspondante. On a d'ailleurs, aussi, puisque les $S_{i/j}$ représentent dans leur ensemble l'ensemble des substitutions de G,

$$\Sigma P_{i/j} = 1 \tag{2}$$

(que la sommation soit d'ailleurs faite par rapport à i ou par rapport à j).

L'ensemble des deux formules (1) et (2), dans lesquelles tous les coefficients sont positifs ou nuls, montre immédiatement que P_i est une moyenne entre

les valeurs des P', comme entre les valeurs des P''. D'après cela, si, pour chaque valeur de n, on détermine la plus petite ϖ et la plus grande ϖ_1 des r probabilités P_i, chacun des intervalles (ϖ, ϖ_1) successifs comprend les suivants. Il apparaît intuitivement, et nous allons effectivement constater que cette remarque doit suffire à résoudre la question.

Elle entraîne, en particulier, cette conséquence que, *si, pour une valeur déterminée de n, tous les P_i sont différents de zéro, il en sera de même pour toutes les valeurs suivantes.* Nous dirons, s'il en est ainsi, qu'on est dans le *cas ordinaire;* le *cas singulier* sera au contraire celui où, pour toute valeur de n, l'un au moins des P_i est nul.

I. Considérons pour chacun des S_i la limite supérieure $\overline{\lim}_{n=\infty} P_i = \Pi_i$ et supposons, par exemple, que la plus grande d'entre elles corresponde à $i=1$. Faisons $i=1$ dans la relation (1). Par hypothèse, on pourra donner à n'' et, par conséquent, à n des valeurs aussi grandes qu'on voudra, telles que le premier membre soit supérieur à $\Pi_1 - \varepsilon$, quelque petit qu'ait été pris à l'avance ε. Au second membre, d'autre part, chacune des P''_j sera, pour n'' suffisamment grand, inférieure à $\Pi_1 + \varepsilon$, d'après l'hypothèse faite sur le choix de i. *Donc, d'après* (2) *chacune d'elles devra aussi satisfaire à l'inégalité*

$$P''_j \leqq \Pi_1 - \eta \tag{3}$$

(η *désignant un nombre convenablement choisi tendant vers zéro avec* ε) *sauf lorsque le coefficient* $P'_{i/j}$ *sera nul.* Autrement dit, *à cette restriction près*, toutes devront tendre vers Π_1 pour les valeurs considérées de n''.

Par hypothèse, toutes les substitutions S_j faisant partie du groupe G, on peut, pour chaque valeur de j, choisir n' de manière que P'_j soit différent de zéro. Donc, *toutes les limites supérieures Π_i sont égales entre elles* (¹).

Ceci concerne le cas le plus général. Dans le cas ordinaire, il est facile d'aller plus loin. Le nombre η qui figure dans l'inégalité (3) peut, en effet, être considéré comme défini en fonction de ε par la relation

$$\eta = \frac{2 - \varpi'}{\varpi'}\varepsilon, \tag{4}$$

ϖ' désignant la plus petite des P'.

Or, dans le cas ordinaire, ϖ' est, à partir d'une certaine valeur de n', constamment supérieur à un nombre positif fixe ϖ_0. Comme, d'autre part, aucun des P' n'est nul, on aura pour toutes les valeurs de j et toutes les

(¹) Leur valeur commune est évidemment la limite vers laquelle tend la quantité décroissante ϖ_1.

valeurs suffisamment grandes de n''

$$P''_j \geqq \Pi_1 - \frac{2-\varpi_0}{\varpi_0}\varepsilon,$$

c'est-à-dire que P''_j *tend vers la limite* Π_1. C'est ce que nous nous proposions de démontrer.

II. Mais on peut préciser cette convergence. Soit, d'une manière générale, $\delta(n)$ la différence $\varpi_1 - \varpi$, c'est-à-dire la plus grande valeur de $|P_{i'} - P_i|$ pour une valeur donnée de n. Dans la formule (1), donnons à i deux valeurs différentes, que nous appellerons i et i' : en combinant par soustraction les deux égalités ainsi obtenues, il vient

$$P_{i'} - P_i = \sum_j P''_j [P'_{i'j} - P'_{ij}].$$

La somme des seconds facteurs [tous au plus égaux en valeur absolue à $\delta(n')$] est nulle. On ne changera donc pas le second membre en remplaçant chaque coefficient P''_j par $(P''_j - \varpi'')$; et, si ϖ'' est le plus petit des P'', les coefficients ainsi modifiés restent tous positifs ou nuls. Leur somme est

$$\sigma = \Sigma P''_j - r\varpi'' = 1 - r\varpi''.$$

Donc $|P_{i'} - P_i|$ et son maximum $\delta(n)$ *satisfont à l'inégalité*

$$\delta(n) \leqq \sigma^{n''}\delta(n').$$

Or, dans le cas ordinaire, ϖ' est différent de zéro et, par conséquent, σ inférieur à 1. Donc $\delta(n)$ *tend vers zéro*, et cela au moins comme le terme général d'une progression géométrique décroissante. C. Q. F. D.

III. Le théorème ayant été ainsi démontré, et même de deux manières différentes, pour le cas ordinaire, il reste à traiter le cas singulier [1].

L'exemple qui nous a servi à en montrer la possibilité se généralise évidemment (toujours avec convergence périodique des P) de la manière suivante. Supposons que G soit un groupe composé, qu'il admette le sous-groupe distingué g et, par conséquent, un isomorphe mériédrique Γ dans

---

[1] Ce cas a échappé à Poincaré. Il correspond à celui où le nombre ω (*loc. cit.*, p. 304) est une racine $\rho^{\text{ième}}$ $\left(\rho = \frac{r}{r'}\right)$ de l'unité, les quantités x étant égales entre elles par séries de r' et, d'une série à l'autre, dans des rapports égaux aux diverses puissances de ω.

lequel toutes les substitutions de g aient pour homologue la substitution identique. On sera dans le cas singulier si les opérations élémentaires correspondant à un coup de battage unique correspondent toutes à une même substitution γ (non identique) du groupe Γ. Ce dernier se compose d'ailleurs forcément, dans ces conditions, des puissances successives de γ.

Je dis que *nous avons ainsi le mode de génération le plus général du cas singulier*.

Si, en effet, en nous plaçant dans ce cas, nous appelons, pour une valeur déterminée quelconque de n, r' le nombre des P différents de zéro, il résulte de la relation (1) que r' ne saurait décroître, donc qu'il reste constant à partir d'une certaine valeur de n; et que, d'une manière plus précise, on obtient une substitution S effectivement possible pour la valeur $n'+n''$ de n, en écrivant

$$S = S'S'' \tag{4}$$

où S' est une substitution de G possible au $(n')^{\text{ième}}$ coup et par S'' une substitution possible au $(n'')^{\text{ième}}$ coup.

Mais, d'après ce qui vient d'être remarqué, le nombre des S, celui des S' et celui des S'' ont la valeur commune r' (du moins si l'on exclut les premières valeurs de n' et de n'') : autrement dit, on obtient tous les S en combinant tous les S'' avec un même S' et cela quel que soit cet S'. Si donc, ayant une première fois fait choix d'un S' déterminé qu'on appellera s', on représente un S' quelconque sous la forme

$$S' = s'\Sigma,$$

l'ensemble des $\Sigma S''$ est identique à l'ensemble des S''. Donc l'ensemble E (cf. *loc. cit.*, p. 308) des substitutions Σ est indépendant de n' comme de n'' et forme un groupe d'ordre r'. Ce groupe est un sous-groupe distingué de G, puisque (en faisant $n''=n'$) l'on voit qu'à toute substitution Σ correspond une substitution Σ_1 appartenant également à E, telle que

$$\Sigma s' = s'\Sigma_1,$$

relation dans laquelle en disposant convenablement de n', on peut prendre pour s' n'importe quelle substitution de G.

Notre assertion est donc complètement établie.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Loi de distribution des orages magnétiques et de leurs éléments. Conséquences à en tirer sur la constitution du Soleil.* Note de M. **H. Deslandres**.

La Note actuelle est la suite d'une Note publiée avec le même titre le 27 décembre 1926 [1]. Les orages magnétiques, enregistrés avec les magnétographes, nous révèlent les forts essaims de particules électrisées, la plupart négatives, qui sont lancées par le Soleil dans la direction de la Terre. Le premier examen de ces orages m'a donné les résultats suivants : Les orages peuvent être divisés en groupes; et, dans chaque groupe, les intervalles entre les pointes maxima des orages, exprimées en longitudes solaires, sont des multiples exacts de 60°, 30° et 15°. Les pointes successives d'un même orage annoncent des particules de vitesses différentes, qui, émises en même temps, sont déviées d'un angle différent et séparées par le champ magnétique extérieur de l'astre. Tout se passe comme si les émissions corpusculaires et même aussi ondulatoires du Soleil émanent d'une couche profonde invisible qui tourne comme un corps solide et offre au moins 24 volcans permanents, d'une activité variable, répartis uniformément autour de l'axe de rotation.

L'analyse des orages conduit ainsi à des idées nouvelles relativement simples sur la constitution de l'astre. La couche profonde qui émet serait la cause première de tous les phénomènes (taches, facules, protubérances, filaments, aurores terrestres), observés sur le Soleil et ses dépendances, et soumis en même temps à la grande oscillation undécennale. Il convient donc de suivre avec le plus grand soin toutes les perturbations magnétiques, au moins pendant une période entière de 11 années. Dans les Notes précédentes, j'ai examiné les variations de l'aiguille aimantée de 1920 à 1926 inclus; je présente aujourd'hui l'analyse des huit principaux orages des années 1917, 1918 et 1919, dont les éléments ont été publiés par l'Observatoire de Greenwich et l'Institut de Géophysique de l'Université de Paris.

Toutes les pointes un peu notables de 23 orages sont groupées dans le tableau ci-après, semblable à celui de la Note précédente, et de manière

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1313. Voir aussi **182**, 1926, p. 296, 669, 733 et 1031; **183**, 1926, p. 165 et 493.

que l'on puisse facilement les comparer entre elles et vérifier la distribution annoncée. On prend pour horloge le soleil qui tourne et chaque pointe est représentée dans le temps par la longitude qu'a le centre du Soleil au moment où la pointe apparaît sur la Terre; puis la longitude est mise sous la forme $n \times 15^\circ \pm \varepsilon$, n étant un nombre entier et ε un résidu au plus égal à 9. Chaque ligne horizontale du tableau donne les éléments d'un orage, à savoir : dans la première colonne, la date de la pointe principale de l'orage, dans la deuxième colonne le multiple de 15°, puis, dans les petites colonnes qui suivent, les résidus des pointes successives. Le résidu de la pointe maxima est distingué par des chiffres plus gros; de plus on a accolé à chaque résidu une des lettres p, m ou g, qui annonce une pointe petite, moyenne ou grande par rapport à la valeur moyenne de la déclinaison pendant le mois à la même heure ([1]).

Dans l'ensemble le tableau conduit aux mêmes résultats que le tableau précédent, consacré aux années de 1920 à 1926. Certains résidus se retrouvent dans la majorité des orages, ce qui implique que les pointes correspondantes sont, à la première décimale près, séparées en longitude par des multiples de 15°. Le résidu $+7$, en particulier, est répété 16 fois, et 10 de ces résidus sur 16 se rapportent à des pointes maxima. D'ailleurs il ne faut pas s'attendre à des résidus identiques, même si les volcans solaires ont exactement la distribution annoncée, et lancent des particules de même signe électrique, ayant exactement les mêmes vitesses. Les variations du champ magnétique solaire introduisent des différences et les positions respectives du volcan, de la Terre et du magnétographe ne sont jamais exactement les mêmes, ce qui donne lieu à de petits écarts dans la position et l'intensité des pointes.

Les résidus de $+9$ à $+6$ se retrouvent dans les orages les plus forts et correspondent à des particules rapides; la vitesse des particules doit décroître régulièrement du résidu $+9$ au résidu -4, si toutefois les pointes correspondantes sont dues à des particules qui ont toutes une charge négative. J'ai cherché une vérification en examinant l'état et l'activité du Soleil dans les journées qui précèdent chaque orage; j'ai utilisé les

([1]) Les dispositions et notations sont les mêmes que dans le tableau précédent. On a seulement supprimé les colonnes -5 et -6 et ajouté une colonne $+9$, cet arrangement nouveau ayant paru s'adapter mieux aux faits.

Pour pouvoir faire tenir les 23 orages dans une seule page, on a mis dans chaque petite colonne un seul résidu, celui qui a paru le plus intéressant.

Pointes successives de plusieurs beaux orages magnétiques (enregistrés à Greenwich et Paris), représentées par la longitude du centre du Soleil au moment de leur apparition sur la Terre et rapprochées des longitudes qui sont des multiples de 15°.

Date de la pointe maxima et classe de l'orage.	Multiple de 15°.	Résidus.														
		+ 9°.	+ 8°.	+ 7°.	+ 6°.	+ 5°.	+ 4°.	+ 3°.	+ 2°.	+ 1°.	+ 0°.	— 0°.	— 1°.	— 2°.	— 3°.	— 4°.
1917. Janv. 4,74 A...	120±°	9 p						3,5 m	2,5 m	1,1 p	**0,0** g		1,3 g	2,9 m	**3,9** m	
Fév. 15,77 M...	285±						4,3 m	3,2 m	2,0 p	**1,6** m		0,4 m		**2,4** m	3,3 m	4,2 m
Juin 24,66 M...	15±	**9,3** m	8,6 p	7,9 p	6,6 m		4,0 m		2,2 p	1,0 p						
Août 9,20 V...	135±			7,1 g	**6,9** g	5,5 p	4,0 m		2,6 p					**2,4** g	3,6 m	4,0 g
13,73 V...	75±		8,4 m	**7,1** g	6,3 p	5,1 p	4,2 p								3,8 p	
14,69 V...	60±	**9,3** g	8,1 m	**7,4** g	6,7 m	5,6 m	4,6 m	3,7 g	2,8 p	1,7 p	0,6 p					
21,71 V...	330±			7,4 p	**6,0** g		4,9 m	**3,3** g	2,2 m	1,8 p	0,9 m	0,7 m				
Déc. 16,78 A...	225±	9,4 p	8,1 m	**7,2** m	6,6 m	5,3 g		3,0 m								
1918. Mars 8,10 A...	240±						4,1 p	3,1 p	2,3 m	**1,2** g	0,2 m					
8,75.....	225±		8,2 p	**7,4** g												
Avril 11,86 M...	135±	9,3 p	8,6 p	**7,9** g	6,4 m	5,7 m										
Mai.. 16,98 A...	30±	9,0 g	**8,7** g	**7,4** g	6,6 p						0,6 p					
Août 15,77 A...	270±	9,0 m	8,2 m	**7,4** g	6,5 p	5,3 m		3,0 m			0,5 p		1,8 p	2,7 p		
Sept. 21,69 M...	156±		8,3 p		6,8 p	5,9 m			2,2 p		**0,2** g	0,4 m	1,8 m	2,8 m	3,6 m	
Oct. 16,20 A...	180±			7,2 p	**6,9** m	5,7 m		3,4 m		1,0 m	**0,8** m	0,7 p		2,5 p		
Déc. 8,57 V...	195±	9,1 p	8,1 m	**7,8** g	6,1 p	5,5 p		3,1 m	**2,9** m							
25,75 V...	330±	9,5 p	8,4 m	**7,6** m	**6,4** m	**5,8** g	4,6 m	3,3 m	2,9 p							
1919. Janv. 3,85 A...	210±				**6,8** g		4,1 p	3,7 m		1,5 p				2,2 p		4,7 p
4,81 V...	195±	**9,1** g	8,4 m		6,9 m	5,2 p	4,9 p		2,2 p					**2,8** g		
Mars 20,92 V...	285±	**9,7** g		7,6 m	6,5 m	5,6 p	4,1 p					0,4 p	1,1 m			
Mai 2,73 V...	75±	9,7 p	**8,1** m	7,7 m	6,4 m			**3,4** g	2,7 m							
Août 11,30 G..	195±													**2,8** g	**3,8** g	
11,72.....	180±		8,5 m	**7,3** g	**6,9** g	5,7 m		3,5 m	2,1 m							
Sept. 19,79 A...	30±				6,7 p	4,4 p		3,1 p		**1,7** g	**0,7** g	0,5 m	1,6 g			
Oct. 5,71 A..	180±				6,6 p				2,3 p	1,7 p	**0,7** g		1,9 p			4,2 m

relevés bien connus de Greenwich, qui donnent la surface des taches et facules. Or, pour les orages dont les résidus principaux sont compris entre +9 et +3, en général la surface totale des taches et celle des facules sont en croissance avant et pendant l'orage; pour les autres orages (résidus entre +2 et −4), il y a au contraire décroissance. Mais le relevé de Greenwich est incomplet pour les facules; il ne donne pas leur éclat ni les facules du centre qui sont les plus importantes. J'ai pu combler la lacune pour les trois derniers trimestres de 1919, en consultant les cartes synoptiques de l'atmosphère solaire établies à Meudon par d'Azambuja avec une subvention internationale. Au moment où les orages de mai et août 1919 ont atteint la Terre, les facules étaient croissantes et bien développées au centre; avec les deux orages suivants, on a exactement l'inverse. On peut admettre que la vitesse des particules décroît avec l'activité de l'astre dans le sens indiqué; plusieurs de ces particules ont dans les divers orages la même vitesse, exactement comme si elles étaient émises par les mêmes corps radioactifs, mélangés parfois dans des proportions différentes.

Cependant les particules émises ne sont pas toujours des électrons; les volcans solaires rejettent certainement aussi des noyaux positifs qui, il est vrai, étant peu pénétrants, sont arrêtés d'abord par l'atmosphère; mais, lorsque les charges positives autour du volcan sont devenues très fortes, elles peuvent s'éloigner du Soleil et arriver jusqu'à la Terre, mélangées avec des essaims d'électrons qui proviennent d'autres volcans. Il est probable que plusieurs pointes, en particulier parmi celles à résidu négatif, sont dues à des particules positives. Pour décider sur tous ces points, je propose une étude complète et simultanée des aurores polaires et par les méthodes nouvelles qu'ont employées si bien Störmer, Vegard et Krogness. La couleur de l'aurore et sa pénétration dans l'atmosphère varient en effet avec la nature et la vitesse des particules.

II. Le rayonnement corpusculaire du Soleil a des variations périodiques, liées au refroidissement de l'astre ou à l'échauffement par les corps radioactifs du noyau. Il arrive plus ou moins diminué jusqu'à la Terre et lui impose ses variations, après avoir traversé la surface et l'atmosphère de l'astre. Il doit en passant faire naître les taches et facules de la surface, qui ont des variations parallèles. Les particules électrisées qui s'élèvent dans le Soleil sont déviées par le champ magnétique dans une direction perpendiculaire au méridien; d'où les déplacements brusques des taches, facules ou filaments et les durées de rotation sur la surface variables avec la latitude. Les taches sont dues à la rotation de particules de même signe autour

d'un groupe de particules qui ont le signe opposé. Pour les facules, j'ai pensé aussi à la diffusion dans l'atmosphère basse d'émanations radioactives lourdes, dont la période propre aurait une influence. Tous les phénomènes du Soleil sont sous la dépendance des rayonnements émis par ses couches profondes.

BOTANIQUE. — *Essai d'une théorie de la cure d'altitude.* Note de M. **J. Costantin.**

La cure d'altitude ([1]), qui entraîne des résultats si importants au point de vue pratique, est aussi un fait biologique à éclaircir; elle a été trouvée empiriquement, il faut rechercher la raison de son efficacité inexpliquée.

Analogies avec les maladies de la dégénérescence. — 1° Les ressemblances du Séreh et des maladies de la dégénérescence n'ont pas échappé à M. Quanjer, spécialiste dans l'étude de ces délicates maladies. 2° L'existence du type IV du Séreh est un argument : combattue par le traitement d'altitude, cette maladie se trahit par une nécrose libérienne (comme dans l'enroulement de la Pomme de terre). 3° Récemment, en 1925, M. E. Marchal, a voulu identifier la mosaïque de la Canne (maladie de la dégénérescence) avec le Séreh. Je suis d'avis que l'identification est excessive, mais les analogies sont manifestes.

Action du climat montagnard. — Le climat de la montagne agit pour régénérer la Canne par divers facteurs : froid, diminution de pression, rayons ultraviolets, etc. Il lui donne de la *rusticité*.

Cette conception s'applique aussi à la Pomme de terre qui, à l'état sauvage, habite les Andes à 4000^m d'altitude. Transportée en Algérie, elle dégénère la deuxième année, tout de suite à l'Equateur. Rusticité c'est l'ensemble des qualités correspondant à la vie sauvage, avant l'intervention de l'homme. La culture rompt l'équilibre ancestral; elle agit par le changement de pays, par le travail du sol qui supprime la lutte contre les plantes différentes, par les engrais, etc. Quand la plante a dégénéré en Algérie par une année de culture, que faut-il faire pour qu'elle se rétablisse? Lui donner de la rusticité en la transportant dans le nord (France, Hollande). Pour la Pomme de terre, plante montagnarde, il est étonnant que l'on n'ait pas songé plus tôt systématiquement que la vie alpestre doit être efficace de façon à faire de la cure d'altitude une technique agricole pour combattre la dégénérescence.

Quelque chose de semblable doit se passer pour la Canne, bien que sa patrie originelle soit moins bien connue.

([1]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1385.

Si le traitement par l'altitude a été si efficace pour cette dernière plante, c'est évidemment que le climat des montagnes lui convient particulièrement. Cette manière de voir se trouve renforcée par les propriétés des Cannes sauvages (*Chunnee* des premiers contreforts de l'Himalaya, *Kassoer* du mont Tjérémé à Java) : elles résistent au froid et leur rusticité entraîne la résistance à la maladie. Le parallélisme que l'on observe entre l'action de l'altitude sur les Cannes de Java pour lutter contre le Séreh et la résistance innée des types alpestres n'est pas un fait accidentel. C'est le climat montagnard qui agit de la même manière dans les deux cas : en infusant aux Cannes javanaises une résistance *faible* et *passagère*, en donnant aux Cannes *Chunnee* et *Kassoer* une résistance *forte* et *permanente*.

Rôle des mycorhizes. — Aux remarques qui viennent d'être faites, doivent s'ajouter celles qui découlent de la considération des mycorhizes, qui ont été découvertes dans les deux plantes précédentes.

1° Pour la Pomme de terre, ces mycorhizes s'observent dans la plante des Andes (*Solanum Maglia*). Par suite de la multiplication par tubercules en culture, elle perd ses Champignons de racines. Une antinomie se manifeste ici. D'après la théorie de Noël Bernard la tubérisation est due aux Champignons (théorie fondée sur l'anatomie comparée et les expériences : Orchidées, *Cattleya*, *Blettilla*, prothalles de *Lycopodium;* elle s'appuie maintenant sur les expériences de M. Magrou); or la plante cultivée dépourvue de mycorhises a des tubercules énormes. Selon moi, c'est de l'hérédité acquise qui entre en jeu : les tubercules se forment, bien que l'agent qui les fait normalement apparaître soit absent. C'est qu'alors un agent extérieur intervient qui se subsitue aux mycorhizes : froid (Vöchting), pression osmotique (expériences de Noël Bernard sur les germinations asymbiotiques et sur la production des tubercules aériens de la Pomme de terre) (¹). Un Champignon autre que celui des mycorhizes peut accidentellement les remplacer (*Fusarium*, expériences de Noël Bernard et de M. Jumelle). Dans ces divers cas, le succès est plus aléatoire, moins rapide. Cela s'explique aisément : depuis des siècles, les mycorhizes du *Solanum Maglia* sont habituées à leur travail; elles accomplissent leur besogne avec certitude, d'autant mieux que les conditions climatériques montagnardes agissent dans le même sens qu'elles.

2° Pour la Canne à sucre, c'est la même chose. Le bouturage des tiges lui fait perdre les mycorhizes. Quant aux Cannes sauvages montagnardes leur rusticité est liée à leur résistance au Séreh, c'est-à-dire en connexion avec la vie ancestrale et les conditions naturelles de la plante.

L'étude que nous avons entreprise, M. Magrou et moi (²), et que nous poursuivons nous a conduit à vérifier la très grande importance des Champignons des fines racines des plantes alpestres.

(¹) On sait que les Champignons agissent en augmentant la pression osmotique, le froid agit de la même manière.

(²) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 26.

Une étude, dont j'ai publié récemment les résultats, sur le genre *Lycopodium* (1) renforce cette opinion, car elle m'a révélé le caractère franchement montagnard de tout ce genre, dont le rôle a été si capital dans l'histoire de l'édification de la théorie de la symbiose par Treub. On ne soupçonne pas, en lisant les beaux mémoires de ce savant, que les caractères qu'il a trouvés chez les espèces javanaises équatoriales découlent de leur origine montagnarde.

Une plante asymbiotique n'est pas une plante malade, ni une plante monstrueuse, mais c'est une plante anormale si l'on admet que, dans les conditions naturelles de vie, le Champignon des racines est toujours présent. Sans mycorhizes, le végétal évoluera régulièrement tant que l'élan héréditaire sera suffisant pour le soutenir. Si, par un hasard heureux, les conditions physico-chimiques ambiantes opèrent dans le même sens que le facteur mycorhizien (climat alpestre, froid, pression osmotique), il suivra un développement régulier. Si le milieu extérieur, sans être nuisible, n'est pas favorable, la croissance sera arrêtée au stade végétatif (*Psilotum* indéfiniment sans sporange, Orchidées de serres ayant un grand retard de floraison, pouvant rester trente années stériles, Canne à sucre sans flèche, etc.). Enfin, il pourra arriver que la plante asymbiotique soit ébranlée fortement par des causes diverses : changement de climat trop grand (Pomme de terre en Algérie et surtout à l'équateur), causes secondaires [piqûre d'un Puceron (2), sécheresse excessive qui tue les mycorhyzes rendant la plante asymbiotique par exemple], elle dégénérera ou même pourra mourir brusquement. Elle succombera à ces affections variées appelées maladies de la dégénérescence. Il n'est pas étonnant de constater, d'après cela, que le traitement alpestre puisse lui redonner de la rusticité et de la résistance à la maladie.

---

(1) *Bull. du Muséum*, **32**, 27 novembre 1926, p. 416.

(2) Une Bactérie peut être aussi une cause secondaire, par exemple, dans le cas de la gommose (*Pseudomonas vascularum*) : on a constaté dans ce cas, en Australie, que le traitement d'altitude pouvait agir (M. Easterby). Les expériences de vérifications ont été, il est vrai, peu nombreuses : il sera important de les renouveler. On sera probablement amené ainsi à élargir la notion de la dégénérescence.

CATALYSE. — *Sur l'inversion du rôle des catalyseurs.* Note (¹) de M. **Paul Sabatier.**

Les phénomènes de catalyse peuvent être facilement interprétés par la formation, à partir du catalyseur et de l'un des constituants du système transformable, d'un composé temporaire, produit très vite et réagissant aussitôt sur les autres facteurs du système, en régénérant le catalyseur, qui recommence indéfiniment le même effet. Cette explication s'applique aussi bien aux catalyses en systèmes homogènes qu'à celles réalisées par des solides pulvérulents, la formation temporaire étant peut-être, dans ce dernier cas, au lieu d'un composé défini, une adsorption des molécules gazeuses par la surface des grains du catalyseur, corrélative à la séparation des ions de ces molécules. Dans beaucoup de cas (tels que la chloruration directe des corps organiques, la préparation d'oxyde d'éthyle à partir de l'alcool, celle de l'acétone à partir de l'acide acétique), la combinaison intermédiaire formée avec le catalyseur, peut être isolée, et son rôle ne saurait être mis en doute (²). Mais le plus souvent le composé temporaire ne peut être aperçu : c'est par un raisonnement d'induction qu'on est conduit à admettre qu'il existe.

Quoi qu'il en soit, qu'il s'agisse d'une véritable combinaison, ou seulement d'un support d'activation des molécules, on peut prévoir que cette formation intermédiaire fournie par le catalyseur sera généralement identique pour les deux réactions inverses fournies par un système chimique, et que par conséquent les catalyseurs seront fréquemment capables d'agir sur ce système dans deux sens opposés, selon les conditions où l'on se place.

Ainsi, le nickel divisé, en présence d'hydrogène libre, constitue un catalyseur très actif d'hydrogénation directe des molécules organiques et l'on peut l'expliquer en admettant la formation temporaire d'un hydrure tel que NiH^2, ou d'un produit d'absorption, capables de céder facilement et très vite des atomes d'hydrogène à une matière apte à les recevoir. La benzine C^6H^6 fixe de la sorte 6 atomes d'hydrogène et se change en cyclohexane C^6H^{12}. C'est ce qui a lieu sans complications au-dessous de 180°, en présence d'un excès d'hydrogène. Mais si la température surpasse 300°, le

(¹) Séance du 27 juin 1927.

(²) P. Sabatier, *La catalyse en Chimie organique*, 2ᵉ édit., 1920, p. 55.

cyclohexane cesse d'être stable et les atomes d'hydrogène peuvent s'en dégager, lentement s'il n'y a rien pour les aider, très vite s'il y a du nickel divisé, capable de les fixer pour les dégager aussitôt sous forme d'hydrogène moléculaire. Le nickel sera donc un catalyseur de déshydrogénation.

En réalité, la réaction du benzène sur l'hydrogène est une réaction limitée, où la présence du nickel divisé amène rapidement à la limite, celle-ci étant voisine de la formation totale du cyclohexane quand on opère au-dessous de 180° dans un excès d'hydrogène, et au contraire voisine du maintien intégral du benzène si l'on opère à 300° et sous une faible pression d'hydrogène.

Effectivement les catalyseurs hydrogénants (nickel, cobalt, fer, cuivre, platine) sont aussi catalyseurs déshydrogénants, comme on le vérifie dans beaucoup de cas (alcools primaires ramenés sur le cuivre vers 250° à l'état d'aldéhydes; amines $C^nH^{2n+1}CH^2NH^2$, ramenées sur le nickel vers 300° à l'état de nitriles; composés hydrocycliques, tels que cyclohexanol, tétrahydronaphtaline, hydrures d'anthracène, pipéridine, etc., ramenés sur le nickel vers 300°, au phénol, à la naphtaline, à l'anthracène, à la pyridine, etc.).

De même, les catalyseurs d'oxydation (platine, argent, oxydes métalliques) sont aussi des catalyseurs d'élimination d'oxygène: on sait que leur présence accélère énormément le dégagement de ce gaz dans l'eau oxygénée, le chlorate de potassium fondu, les solutions d'hypochlorites.

D'ailleurs on a reconnu depuis longtemps que dans les réactions organiques, les mêmes agents (acide sulfurique, acide chlorhydrique) catalysent à la fois les réactions d'hydratation (saponification des éthers-sels: hydratation des acétals, des glucosides, des oximes, des nitriles; transformations en alcools des carbures éthyléniques), et les réactions de déshydratation (éthérifications, crotonisation des aldéhydes, polymérisation de l'acétone, etc.).

Le dédoublement des alcools primaires forméniques, effectué par la chaleur seule, vers 350°, conduit à deux réactions distinctes simultanées :

Une déshydrogénation donnant l'aldéhyde, une déshydratation donnant le carbure éthylénique.

J'ai montré, avec M. Mailhe [1], que l'emploi d'oxydes catalyseurs irréductibles facilite beaucoup ce dédoublement et l'oriente selon des modes qui varient avec la nature de ces oxydes. Quelques-uns (thorine, alumine, oxyde

---

(1) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **20**, 1910, p. 289.

bleu de tungstène) sont à peu près exclusivement déshydratants. Au contraire, l'oxyde manganeux MnO est déshydrogénant à la manière des métaux (cuivre, nickel, etc.) et des oxydes réductibles.

Les autres oxydes produisent simultanément les deux effets, mais les distribuent d'une manière très inégale : les uns sont surtout déshydrogénants, comme l'oxyde de zinc qui à 350°, avec l'éthanol, donne 95 pour 100 de déshydrogénation, et 5 pour 100 seulement de déshydratation, tandis que d'autres, oxyde chromique Cr^2O^3, silice, sont surtout déshydratants, et que les deux effets s'équivalent pour la glucine ou la zircone.

Ceci montre que presque tous les oxydes sont des catalyseurs de déshydrogénation, mais leur activité comme tels est bien inférieure à celle des métaux divisés, tels que le cuivre obtenu par réduction de l'oxyde à température peu élevée. La comparaison, vis-à-vis de l'alcool éthylique, indique à surfaces égales, pour l'oxyde manganeux, une activité 30 fois moindre que celle du cuivre; pour l'oxyde de zinc, un pouvoir 20 fois plus faible; pour l'oxyde de zirconium, au moins 100 fois plus petit.

D'après ce qui a été dit plus haut, il est permis de penser que ces oxydes, catalyseurs de déshydrogénation, devront pouvoir aussi être catalyseurs d'hydrogénation à la manière des métaux, mais avec une activité beaucoup moindre.

J'ai montré avec M. Senderens ([1]) que le nickel divisé agissant vers 180° sur les mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène fournit exclusivement du *méthane* CH^4 en dépassant le stade *méthanal*, puis le stade *méthanol*, que nous avions espéré réaliser. Pour s'arrêter à l'alcool, sans atteindre le méthane, il fallait sans doute s'adresser à un catalyseur beaucoup plus modéré que le nickel, et compenser l'élévation de la température, sans doute nécessaire, par un accroissement important de la pression, afin de stabiliser le méthanol et d'empêcher son dédoublement en oxyde de carbone et hydrogène. C'est ce qui a été réalisé par M. G. Patart ([2]) en employant comme catalyseur l'*oxyde de zinc*, à 400° sous une pression de 150 à 250 atmosphères, et qui a pu ainsi atteindre une synthèse régulière de l'*alcool méthylique*.

On peut d'ailleurs dans plusieurs cas, ainsi que j'aurai l'honneur de l'indiquer dans une prochaine Note, employer, même sous la pression ordinaire, l'oxyde manganeux ou l'oxyde de zinc, pour catalyser certaines hydrogénations.

([1]) PAUL SABATIER et SENDERENS, *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 514 et 680.

([2]) G. PATART, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1330.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration de l'équation aux dérivées partielles du second ordre linéaire en r, s, t, dans le cas où les coefficients de ces trois dérivées ne dépendent que des variables x, y.* Note [1] de M. **Riquier**.

La présente Note a pour objet de généraliser et de compléter un résultat antérieur.

Les fonctions $A(x, y)$, $B(x, y)$, $C(x, y)$, $f(x, y, z, p, q)$ étant supposées analytiques, on considère l'équation aux dérivées partielles du second ordre

$$A(x, y)\,r + 2\,B(x, y)\,s + C(x, y)\,t = f(x, y, z, p, q): \tag{1}$$

si l'expression $AC - B^2$ *est différente de zéro, l'équation* (1) *peut être intégrée complètement, c'est-à-dire avec deux fonctions arbitraires d'une variable; si* $AC - B^2$ *est identiquement nul, l'équation* (1) *peut être intégrée incomplètement, c'est-à-dire avec une seule fonction arbitraire.*

Cette propriété résulte du rapprochement des trois faits suivants :

I. *L'équation*

$$s = F(x, y, z, p, q) \tag{2}$$

peut être intégrée complètement [2].

II. *L'équation*

$$r = H(x, y, z, p, q) \tag{3}$$

peut être intégrée incomplètement.

Considérons une fonction z de x, y définie, conjointement avec ses deux dérivées premières p, q, par le système des relations

$$z = qy + px + \lambda(p, q) + aq + b, \tag{4}$$

$$0 = y + \frac{\partial\lambda}{\partial q} + a, \tag{5}$$

$$0 = x + \frac{\partial\lambda}{\partial p}, \tag{6}$$

où la fonction $\lambda(p, q)$ et les constantes a, b sont quelconques, sous la

---

(1) Séance du 27 juin 1927.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1076; 184, 1927, p. 1507.

seule restriction que les relations (5) et (6) puissent être résolues par rapport à p et q conformément au principe général des fonctions implicites. Pour exprimer que la fonction z et ses deux dérivées premières p, q vérifient l'équation $r = H(x, y, z, p, q)$ ou

$$\frac{\partial p}{\partial x} = H(x, y, z, p, q), \tag{7}$$

il suffit de calculer par la règle des fonctions implicites la valeur de $\frac{\partial p}{\partial x}$, et de la porter dans l'équation (7), ce qui donne

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p^2}\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2} - \left(\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p\, \partial q}\right)^2 + \frac{1}{H(x, y, z, p, q)}\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2} = 0.$$

Cette dernière relation devra, après substitution à z, p, q de leurs valeurs tirées de (4), (5), (6), être satisfaite quels que soient x et y; ou, ce qui revient au même, elle devra, après substitution à x, y, z de leurs valeurs tirées des mêmes équations, être satisfaite quels que soient p et q. Si, dans la relation résultante, on suppose connues les constantes a et b, on obtient l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p^2}\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2} - \left(\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p\, \partial q}\right)^2 + K\left(p, q, \lambda, \frac{\partial \lambda}{\partial p}, \frac{\partial \lambda}{\partial q}\right)\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2} = 0, \tag{8}$$

impliquant la fonction inconnue λ des variables indépendantes p, q, et où K désigne une composante connue. Or, l'équation (8) est de même forme que l'équation

$$rt - s^2 + M(x, y, z, p, q)\, r = 0, \tag{9}$$

où x, y, z, p, q, r, s, t, M se trouveraient remplacés respectivement par q, p, λ, $\frac{\partial \lambda}{\partial q}$, $\frac{\partial \lambda}{\partial p}$, $\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2}$, $\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q\, \partial p}$, $\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p^2}$, K; d'ailleurs, ainsi que nous l'avons fait observer dans une Note récente [1], l'équation (9) peut être intégrée incomplètement.

En conséquence, les constantes a et b étant choisies arbitrairement, on pourra, en vue de l'intégration incomplète de l'équation (8), former une équation du premier ordre, impliquant, comme elle, la fonction inconnue λ des variables indépendantes p, q, et dont l'équation (8) soit, au point de vue de l'intégration, une conséquence nécessaire; cette équation du premier ordre, résoluble par rapport à $\frac{\partial \lambda}{\partial q}$, sera ensuite intégrée avec la condition

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1507.

initiale, arbitrairement choisie,

$$\lambda = \rho(p) \quad \text{pour} \quad q = \text{une valeur numérique donnée.}$$

La fonction résultante $\lambda(p, q)$, qui vérifie l'équation (8), se trouvera ainsi dépendre : 1° du choix des constantes arbitraires a, b ; 2° les constantes a, b étant fixées, du choix de la fonction arbitraire $\rho(p)$. Et il en sera de même pour la fonction z des variables x, y définie, conjointement avec p et q, par les relations (4), (5), (6).

III. A l'aide d'un changement de variables défini par des formules dont la construction n'exige que l'intégration d'équations différentielles ordinaires, *l'équation* (1) *peut être ramenée à la forme* (2) *si* $AC - B^2$ *est différent de zéro, et à la forme* (3) *si* $AC - B^2$ *est identiquement nul.*

Premier cas : $AC - B^2 \neq 0$. — Si A et C sont à la fois identiquement nuls, B est différent de zéro, et l'équation (1) a d'elle-même la forme (2). Si quelqu'une des fonctions A et C, par exemple A, est différente de zéro, opérons sur l'équation (1) le changement de variables, provisoirement indéterminé, $x' = \varphi(x, y)$, $y' = \psi(x, y)$, et désignons par p', q', r', s', t' les nouvelles dérivées premières et secondes de l'inconnue z ; en écrivant que l'équation transformée ne contient ni r', ni t', on obtient deux relations qui assujettissent les rapports $\frac{\varphi'_x}{\varphi'_y}$, $\frac{\psi'_x}{\psi'_y}$ à vérifier l'équation quadratique

$$AU^2 + 2BU + C = 0 :$$

les racines de cette équation étant distinctes, on pourra assigner pour φ, ψ un couple de fonctions dont le déterminant différentiel soit différent de zéro.

Deuxième cas : $AC - B^2 = 0$ (identiquement). — Les deux fonctions A et C ne peuvent être à la fois identiquement nulles, car alors B le serait aussi ; supposons, par exemple, $A \neq 0$. En écrivant que l'équation transformée de (1) ne contient ni s', ni t', on obtient les deux relations

$$(10) \qquad A\left(\frac{\psi'_x}{\psi'_y}\right)^2 + 2B\frac{\psi'_x}{\psi'_y} + C = 0,$$

$$(11) \qquad A\frac{\psi'_x}{\psi'_y}\frac{\varphi'_x}{\varphi'_y} + B\left(\frac{\psi'_x}{\psi'_y} + \frac{\varphi'_x}{\varphi'_y}\right) + C = 0 :$$

l'équation (10), quadratique en $\frac{\psi'_x}{\psi'_y}$, admettant la racine unique $-\frac{B}{A}$, et celle-ci, transportée dans l'équation (11), la vérifiant identiquement, on pourra, comme dans le premier cas (et avec un degré de généralité plus grand), assigner pour φ, ψ un couple de fonctions dont le déterminant différentiel soit différent de zéro.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur le maximum d'isochronisme aujourd'hui réalisable par des organes réglants élastiques.* Note (¹) de M. **Jules Andrade.**

I. Sur le problème objet de cette Note j'avais cru, dans une Note du 3 novembre 1925, pouvoir prononcer le dernier mot sur l'approximation visée; cette Note associait un premier spiral unique de fabrication dextrorsum, mais subdivisé en quatre portions successives avec un second spiral quadruple, mais dérivant du précédent par une simple symétrie exécutée par un même plan transverse de symétrie, et j'ai décrit les effets de cette association.

II. Aujourd'hui je peux aller plus loin, après m'être renseigné sur une question préalable que j'avais posée à un technicien de haute valeur. A quelle approximation, avais-je demandé, pouvez-vous compter sur l'équivalence des effets mécaniques d'un spiral dextrorsum et des effets d'un spiral sinistrorsum, les deux spiraux non superposables étant toutefois obtenus ensemble, dans des fabrications aussi comparables que possible? Réponse : l'accord peut être réalisé au centième relatif, mais guère au delà.

III. Muni de ces renseignements, je peux aujourd'hui signaler ce résultat intéressant. Ayant constitué ce premier octuple, répétons-le à une nouvelle hauteur, mais après avoir modifié son orientation par une rotation d'un demi-tour; nous obtenons alors ce résultat nouveau :

Les couples longitudinaux d'appui de l'axe se compensent alors, et le couple d'appui du premier et du second octuple se réduisent ensemble au centième de leurs valeurs primitives à peu près égales. Je préciserai ultérieurement l'approximation qui en résulte pour ces horloges élastiques.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *Introduction générale à la photométrie*, et s'exprime en ces termes :

Les mesures d'intensités des rayonnements ont pris, aussi bien du point de vue de la science pure qu'en ce qui concerne les applications, une importance de premier ordre. Qu'il s'agisse de l'étude des rayonnements en vue des progrès de la théorie, des applications de la spectroscopie à la physique céleste, de l'emploi des radiations en photochimie, en photographie ou en thérapeutique, de la technique des rayons X ou simplement de l'art de l'éclairage, on se trouve tout d'abord en présence du problème

(¹) Séance du 27 juin 1927.

de la mesure des intensités des radiations qui composent un rayonnement. Les méthodes utilisables pour résoudre ce problème se sont, dans ces dernières années, largement diversifiées, en même temps que l'on améliorait peu à peu la nomenclature, les unités et les étalons. La « photométrie », dans le sens généralisé de ce mot, est devenue une science très étendue, qui utilise à peu près toutes les propriétés connues des radiations. Il m'a semblé qu'il serait utile de rassembler tout ce qui concerne les mesures de rayonnements dans une série d'ouvrages, écrits chacun par une personne particulièrement qualifiée, formant ensemble une « encyclopédie photométrique ». Pour réaliser ce programme j'ai pu, avec le concours de M. G. Guadet, grouper un certain nombre de collaborateurs dont chacun s'est chargé de rédiger un des volumes ou des fascicules de la collection.

Le volume que je présente à l'Académie est une introduction à cette encyclopédie; il contient les définitions et l'exposé des principes qui sont à la base de toutes mesures de rayonnements.

M. **Charles Lallemand** présente à l'Académie la *relation du voyage d'Europe en Amérique par le pôle Nord de* Roald Amundsen *et* Lincoln Ellsworth, établie par Charles Rabot.

NOMINATIONS.

MM. **H. Lecomte** et **Émile Borel** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé par la Société des Sciences, Lettres et Arts de l'Aveyron à la mémoire du botaniste Hippolyte Coste, à Saint-Paul-des-Ponts, le 16 août 1927.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** sont réélus membres du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1927-1928.

CORRESPONDANCE.

M. **L. Torres Quevedo**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jacques Rueff. *Théorie des phénomènes monétaires. Statique.* (Présenté par M. Émile Borel.)

2° *Contribution à l'étiologie du cancer*, par G. Lakhovsky. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

3° *Voyage zoologique d'*Henri Gadeau de Kerville *en Syrie* (avril-juin 1908). Tome premier : *Récit du voyage. Liste méthodique des animaux récoltés et mémoires sur des animaux invertébrés.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les fonctions analytiques et la déformation du paraboloïde de révolution.* Note de M. **J. Lebel**, présentée par M. Hadamard.

I. On peut appeler *surface harmonique* une surface (S) dont la cote $z = X(x, y)$ est une fonction $X(x, y)$ harmonique, et rapprocher les propriétés de ces surfaces de celles des surfaces minima, ce qui se présente dans l'espace pour ces dernières ayant lieu, pour les surfaces harmoniques, en projection sur le plan des xy. C'est ainsi que la fonction X et sa conjuguée fournissent deux surfaces ayant une certaine analogie avec des surfaces minima adjointes entre elles ; qu'on peut, plus généralement, former des familles analogues aux surfaces minima associées, etc.

II. Cela posé, soit $X - Yi$ une fonction analytique de $x + yi$. Les équations $z = X(x, y)$, $\bar{z} = Y(x, y)$ représentent deux surfaces harmoniques (S) et ($\bar{S}$) adjointes. Nous allons établir que la surface ($\bar{S}$) fait connaître une déformation infiniment petite de (S) qui n'exige que des quadratures.

En effet, à chaque point $M(x, y, z)$ de (S) nous allons faire correspondre un point $N(x_1, y_1, z_1)$ d'une autre surface (S_1) telle que l'on ait

$$dx\, dx_1 + dy\, dy_1 + dz\, dz_1 = 0,$$

et nous montrerons qu'il est possible de choisir cette surface (S_1) de manière que la cote z_1 soit égale à $Y(x, y)$. En employant autant que possible la notation de Darboux dans sa théorie des douze surfaces, nous devons chercher trois fonctions a_1, b_1, c_1 de x et y telles que l'on ait

$$dx_1 = c_1\, dy - b_1\, dz, \qquad dy_1 = a_1\, dz - c_1\, dx, \qquad dz_1 = b_1\, dx - a_1\, dy.$$

Or, pour que z_1 ait la valeur prévue, il faut que $b_1 = -q$, $a_1 = -p$, et les conditions d'intégrabilité pour dx_1 et dy_1 conduiront, à une constante près, sans influence essentielle sur le résultat, à

$$c_1 = -\frac{1}{2}(p^2 + q^2).$$

Les coordonnées x_1 et y_1 seront alors définies par

$$2\,dx_1 = 2pq\,dx + (q^2 - p^2)\,dy = \quad q(p\,dx + q\,dy) + p(q\,dx - p\,dy) = \quad q\,dz - p\,dz_1$$
$$2\,dy_1 = (q^2 - p^2)\,dx - 2pq\,dy = -p(p\,dx + q\,dy) - q(q\,dx - p\,dy) = -p\,dz - q\,dz_1$$

On pourra aussi exprimer facilement x et y en fonction de z et z_1.

Rappelons (Darboux, 4, p. 10) que les surfaces (S) et ($\overline{\text{S}}$), par suite de l'association de (S) et (S_1), sont telles que les cylindres projetant sur xOy les asymptotiques de l'une découpent sur l'autre un réseau conjugué. Ces asymptotiques ont respectivement pour équations différentielles

$$r(dx^2 - dy^2) + 2s\,dx\,dy = 0, \qquad s(dx^2 - dy^2) - 2r\,dx\,dy = 0.$$

Leurs projections se bissectent donc comme les représentations sphériques des asymptotiques d'une surface minima et de son adjointe.

Si nous essayons de compléter le groupe des douze surfaces relatif à notre déformation, nous aurons d'abord la surface $\text{A}_1(a_1, b_1, c_1)$ définie par

$$a_1 = -p, \qquad b_1 = -q, \qquad c_1 = -\frac{1}{2}(p^2 + q^2),$$

et dont l'équation est, par suite,

$$a_1^2 + b_1^2 + 2c_1 = 0.$$

On a ainsi un paraboloïde de révolution d'axe Oz et de sommet O. On constate déjà que *cette surface du groupe est indépendante de la fonction analytique d'où l'on est parti.*

Inversement, on peut revenir de la surface (S_1) (x_1, y_1, z_1) à la surface (S) (x, y, z). Posons $dz = p_1\,dx_1 + q_1\,dy_1$, d'où

$$2\,dz_1 = p_1(q\,dz - p\,dz_1) - q_1(p\,dz + q\,dz_1) = (p_1 q - p q_1)\,dz - (p p_1 + q q_1)\,dz_1.$$

On est conduit, par identification, à écrire

$$p_1 q - p q_1 = 0, \qquad p p_1 + q q_1 = -2,$$
$$p_1 = \frac{p}{c_1}, \qquad q_1 = \frac{q}{c_1}, \qquad c = \frac{1}{c_1} = -\frac{2}{p^2 + q^2} = -\frac{1}{2}(p_1^2 + q_1^2).$$

On trouve ensuite, par différentiation,

$$\frac{1}{4}(p_1^2+q_1^2)^4 r_1 = -\frac{1}{4}(p_1^2+q_1^2)^4 t_1 = 4pqr(p^2-q^2) - s[(p^2-q^2)^2 - 4p^2q^2],$$

z_1 est encore une fonction harmonique de x_1 et y_1. Enfin x_1 et $-y_1$ sont des fonctions harmoniques adjointes de x et de y.

En sens inverse, on trouve la surface A(a, b, c) telle que

$$dx = c\,dy_1 - b\,dz_1, \qquad dy = a\,dz_1 - c\,dx_1, \qquad dz = b\,dx_1 - a\,dy_1$$

avec

$$a = -p_1, \qquad b = -q_1, \qquad c = -\frac{1}{2}(p_1^2+q_1^2).$$

L'équation $a^2+b^2+2c=0$ nous ramène au même paraboloïde de révolution, mais sans correspondance identique des points.

De nos deux paraboloïdes, nous définirons encore deux déformations infiniment petites en considérant les deux surfaces (Σ) (X, Y, Z) et (Σ_1) (X_1, Y_1, Z_1) de Darboux pour la première desquelles, par exemple, on a

$$X = x - cy_1 + bz, \qquad Y = y - az_1 + cx, \qquad Z = z - bx_1 + ay_1,$$
$$X_1 = x_1 - c_1 y - b_1 z, \qquad Y_1 = y_1 - a_1 z + c_1 x, \qquad Z_1 = z_1 - b_1 x + a_1 y.$$

Ainsi, en résumé :

1° *Toute fonction analytique d'une variable complexe fait connaître, par de simples quadratures, un système de douze surfaces de Darboux comprenant toujours deux paraboloïdes de révolution égaux.*

2° *Cette fonction analytique fait connaître, par des quadratures, deux déformations infiniment petites du paraboloïde de révolution.*

Les projections de (S) et (S_1) sur xOy donnent deux tracés géographiques. Sur ces deux surfaces, les variables z et z_1 définissent deux familles de courbes orthogonales formées des lignes de niveau et des lignes de plus grande pente, etc.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Représentation d'une fonction sur un ensemble de saturation de mesure nulle.* Note de M. **Octav Onicescu**, présentée par M. Émile Borel.

Nous avons défini [1] l'ensemble ε de saturation d'une fonction génératrice $\varphi(M; P)$ et nous y avons indiqué une méthode pour trouver la

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 733.

fonction-coefficient $\lambda(P)$ qui donne la représentation d'une fonction $f(M)$ dans la famille

$$\int_{\varepsilon} \lambda(P)\varphi(M;\ P)\,dP.$$

Nous y avons supposé ε mesurable et de mesure non nulle. Nous allons d'abord compléter les résultats déjà énoncés.

Soit $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n(M;\ P), \ldots$ une suite infinie de fonctions qui tendent uniformément vers $\varphi(M;\ P)$, dans un domaine $D(M)$. Les ensembles de saturation respectifs, soient $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n, \ldots$ tendent vers l'ensemble de saturation ε de φ. Les solutions $\lambda_1(P), \lambda_2(P), \ldots, \lambda_n(P) \ldots$ des équations intégrales correspondantes

$$f(M) = \int_{\varepsilon_n} \lambda_n(P)\varphi_n(M;\ P)\,dP$$

tendent uniformément, dans D, et sous les conditions dans lesquelles nos méthodes de résolution [1] sont applicables, vers une fonction $\lambda(P)$ qui est la solution de l'équation correspondant à la fonction génératrice limite et à son ensemble de saturation toutes les fois que cette équation a un sens déterminé.

Nous allons nous occuper dans la présente Note du cas où l'ensemble ε de saturation de $\varphi(M;\ P)$ est de mesure nulle et régulier au sens de M. Borel. L'ensemble ε peut être considéré comme formé par les points intérieurs à une suite d'ensembles de segments, dont la somme des mesures tend vers zéro. Soit ε_n le $n^{\text{ième}}$ ensemble de segments dont la mesure totale est σ_n; si nous supposons encore que tous les ε_n sont compris dans l'intervalle $0, 1$, soient $\varphi(s)$ une fonction régulière dans cet intervalle et $\mathfrak{I}_n(s)$ la fonction caractéristique égale à 1 pour les points de l'ensemble ε_n et à zéro pour les points de l'ensemble complémentaire dans $0, 1$. Considérons le rapport

$$\underset{\varepsilon_n}{\mathbf{S}}\,\varphi(s) = \frac{\displaystyle\int_0^1 \mathfrak{I}_n(s)\varphi(s)\,ds}{\displaystyle\int_0^1 \mathfrak{I}_n(s)\,ds}$$

dont le numérateur tend uniformément vers zéro avec le dénominateur $\sigma_n = \int_0^1 \mathfrak{I}_n(s)\,ds$, les deux étant en général du même ordre infinitésimal. A la limite $(n = \infty)$ on a une opération de sommation bien déterminée sur

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1258, et **184**, 1927, p. 365.

l'ensemble de mesure nulle ε,

$$\mathop{\mathrm{S}}_{\varepsilon}\varphi(s) = \lim \mathop{\mathrm{S}}_{\varepsilon_n}\varphi(s).$$

Cette limite dépend de la manière dont nous avons choisi la suite ε_n. Ainsi, par exemple, si ε se réduit à un nombre fini de points, la limite sera une moyenne quelconque des valeurs de $\varphi(s)$ sur les points de ε

$$\lambda_1\varphi(s_1) + \lambda_2\varphi(s_2) + \ldots + \lambda_n\varphi(s_k)$$

avec

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_k = 1.$$

Les coefficients λ_i dépendent du choix spécial fait sur les intervalles autour des points $s_1, s_2, \ldots, s_k$. Si ε est constitué par une infinité dénombrable de points on trouvera une série convergente $\sum_1^\infty {}_n \lambda_n\varphi(s_n)$ à coefficients positifs et tels que $\sum_1^\infty {}_n \lambda_n = 1$.

Considérons maintenant la fonction génératrice $\varphi(x; s)$ et son ensemble de saturation ε, supposé de mesure nulle, comme limites respectivement d'une suite de fonctions $\varphi_n(x, s)$ dont les ensembles de saturation ε_n ont le caractère précédemment utilisé.

Chacune des équations

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_n}\int_0^1 \lambda_n(s)\varphi_n(x; s)\vartheta_n(s)\,ds$$

a une solution $\lambda_n(s)$, unique et déterminée (par notre méthode), car l'intégration est effectivement effectuée sur l'ensemble ε_n qui reste ensemble de saturation aussi pour la fonction génératrice $\frac{1}{\sigma_n}\vartheta_n(s)\varphi_n(x; s)$.

Comme le second membre de l'équation précédente conserve un sens pour $n \to \infty$, en vertu du théorème énoncé au commencement de cette Note, la solution unique et déterminée (par notre méthode) de l'équation

$$f(s) = \mathop{\mathrm{S}}_{\varepsilon}\lambda(s)\varphi(x; s)$$

sera

$$\lambda(s) = \lim \lambda_n(s).$$

Il s'agit bien entendu de solution exacte, toutes les fois que cela est possible, de solution statistique dans les autres cas.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Impossibilité du mouvement à la Poinsot pour une masse fluide hétérogène isolée.* Note (¹) de M. A. **Véronnet**, transmise par M. Paul Appell.

M. P. Appell a démontré cette impossibilité dans le cas de l'équilibre relatif, pour une masse homogène, (*Traité de Mécanique rationnelle*, 4, XVI), puis dans une Note aux *Comptes rendus* (179, 1924, p. 119) pour une masse hétérogène, quand les forces appliquées dérivent d'une fonction de forces (et *Acta mathematica*, 42, 1926, p. 15-23). Je me propose de généraliser cette démonstration.

1° *Cas de l'équilibre relatif sans fonction de forces.* — La masse tourne tout d'une pièce, comme un corps solide. On considère l'équation hydrodynamique du mouvement, comme dans le cas étudié par M. Appell. On écrit la même condition générale d'intégrabilité, mais sans introduire l'hypothèse que la force dérive d'une fonction. On obtient l'expression linéaire suivante, qui détermine la variation p', q', r' de la vitesse de rotation p, q, r

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{P}p' + \mathrm{Q}q' + \mathrm{R}r' = \mathrm{S}.$$

Le premier membre est l'expression même de M. Appell, qui était nulle et qui ne l'est plus ici, mais égale à une fonction S qui dépend de la position du point et du temps, comme P, Q, R également. Cette relation doit être identiquement vérifiée par tous les points à chaque instant.

Or on a, pour déterminer p', q', r', deux autres équations, déduites de la constance de la force vive h et de celle du moment cinétique H,

$$\text{(2)} \qquad \mathrm{A}\,pp' + \mathrm{B}\,qq' + \mathrm{C}\,rr' = 0, \qquad \mathrm{A}\,p^2 + \mathrm{B}\,q^2 + \mathrm{C}\,r^2 = h;$$

$$\text{(3)} \qquad \mathrm{A}^2pp' + \mathrm{B}^2qq' + \mathrm{C}^2rr' = 0, \qquad \mathrm{A}^2p^2 + \mathrm{B}^2q^2 + \mathrm{C}^2r^2 = \mathrm{H}^2.$$

Ces trois équations forment un système linéaire dont la solution est

$$\text{(4)} \qquad p' = \frac{\mathrm{D}_1}{\mathrm{D}} \quad \mathrm{D} = \mathrm{PBC}qr(\mathrm{C}-\mathrm{B}) + \mathrm{QAC}rp(\mathrm{A}-\mathrm{C}) + \mathrm{RAB}pq(\mathrm{B}-\mathrm{A}),$$

D_1 est le premier terme de D, où l'on a remplacé P par S. Ou aura deux expressions analogues pour déterminer q' et r'.

Pour que l'équilibre relatif se conserve, il faut que la variation de la

(¹) Séance du 27 juin 1927.

vitesse de rotation p', q', r' soit la même pour tous les points à chaque instant, puisque la vitesse de rotation p, q, r est et doit rester la même pour tous.

Comme S est contenu dans D_1, D_2, D_3, cette condition se ramène à

$$(5) \qquad \frac{S}{D} = c, \qquad S = cD,$$

c étant une constante, commune à tous les points de la masse, mais qui peut dépendre du temps. S et D dépendent du point x, y, z et du temps t avec P, Q, R. Cette expression représente donc une surface, déformable avec le temps. La condition est vérifiée seulement pour les points qui sont sur cette surface, à l'instant considéré. Elle ne peut pas l'être pour l'ensemble de la masse.

La conservation de l'équilibre est donc impossible, sauf toutefois si S est nul, alors p', q', r' le sont aussi et la rotation est invariable; ou bien si S et D sont nuls à la fois.

On retombe alors sur le cas étudié par M. Appell, où le second membre de (1) était nul aussi. La condition pour qu'il y ait des solutions non nulles du système, devenu homogène, est $D = 0$. Cette équation représente encore une surface déformable. La vitesse de rotation, si elle varie, ne peut rester la même que pour les points de cette surface. La seule solution est donc p', q', r' nuls et p, q, r constants. La rotation doit rester constante en grandeur et direction.

2° *Cas d'une masse en mouvement permanent avec rotation d'ensemble.* — Dans l'hypothèse du mouvement permanent les couches d'égale densité intérieures et extérieures de la masse ne se déforment pas. Les vitesses et les accélérations en chaque point restent constantes. On peut lier des axes mobiles à la masse, comme pour un solide. On ne peut alors généraliser les équations d'Euler et les étendre à ce mouvement. On démontre que le moment cinétique relatif doit être nul, et les équations d'Euler prennent la même forme que pour un solide. On en déduit l'équation (2) par rapport aux axes mobiles. Le moment cinétique total et le mouvement cinétique d'entraînement sont constants, on en déduit encore l'équation (3).

Enfin dans les formules générales de l'hydrodynamique, il faut ajouter à l'accélération d'entraînement l'accélération relative et l'accélération de Coriolis. L'expression est un peu plus compliquée, mais donne une équation algébrique de la même forme que (1). On retrouve donc les trois mêmes équations algébriques que dans le cas précédent, pour déterminer p', q', r' et l'on en tire les mêmes conclusions.

3° *Cas du mouvement non permanent, mais qui conserve l'invariabilité géométrique des surfaces d'égale densité.* — C'est le cas le plus général où l'on puisse encore lier à la masse des axes mobiles. Le moment cinétique relatif H_1, H_2, H_3 n'est plus nul. On obtient, au lieu de l'équation (2),

$$(6) \qquad (Ap + H_1)p' + (Bq + H_2)q' + (Cr + H_3)r' = S_1$$

et une équation analogue, avec S_2, au lieu de (3). L'équation (1) est conservée. Ces trois équations déterminent p', q', r'. La condition que ces valeurs soient les mêmes pour tous les points détermine de même, non plus une, mais trois surfaces distinctes, correspondant à chacune des valeurs p', q', r'. Les points situés à la fois sur ces trois surfaces, ou à leurs intersections, conservent seuls une même vitesse de rotation. La conservation du mouvement de rotation à la Poinsot, comme un solide, est impossible.

On démontre par ailleurs que ce troisième cas est irréalisable. Il ne peut y avoir conservation géométrique des surfaces, sans qu'il y ait en même temps mouvement permanent, c'est-à-dire conservation des vitesses et des accélérations.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la production des chocs dans les têtes de bielles.* Note de M. **André Planiol**, présentée par M. G. Kœnigs.

Indépendamment des coups durs causés par les variations trop violentes de la pression du fluide évoluant, les moteurs à explosions sont fréquemment sujets à des chocs dus à l'inertie des pièces mobiles et ayant pour siège les différentes articulations, et particulièrement les têtes de bielles [1], pour lesquelles il est intéressant d'en rechercher les causes.

Considérons le système formé, dans une machine en mouvement uniforme, par le maneton de centre O', tournant autour de l'axe O des tourillons de l'arbre-manivelle, et autour duquel se déplace la tête de bielle de centre O'' et de diamètre intérieur plus grand que celui du maneton, tandis que le centre B du pied de bielle se déplace suivant l'axe $O\gamma$ du cylindre; la différence ε des diamètres du maneton et de la tête de bielle constitue le jeu de cette dernière (ε est négligeable devant OO' et O'B).

Dans une étude basée sur la perception sensorielle de l'existence et de

(1) On trouvera dans le *Traité des Machines marines* de L.-E. Bertin (p. 621) les principes d'une étude de ces phénomènes dans le cas, plus simple, des pieds de bielles des machines à vapeur à double effet.

l'intensité des chocs, une précision assez faible suffit pour rendre compte des résultats observés, et les simplifications usuelles dans les calculs d'embiellages sont parfaitement admissibles en la matière, les erreurs introduites étant trop faibles (quelques unités pour cent) pour amener des différences observables : la masse de la bielle sera donc considérée comme concentrée aux points $O''(M_1)$ et $B(M_2)$, et la réaction, que le piston de masse M et de surface S animé d'une accélération j, et soumis à une pression p, transmet à la bielle, sera, de même, regardée comme égale à sa projection sur l'axe $O''B$ de la bielle, en raison de la faible valeur de l'angle OBO'' dans les machines usuelles.

Il est évident que dans le système considéré les chocs ne peuvent prendre naissance que par une rupture de la liaison OO'', ou tout au moins par un changement assez rapide de son état.

Or la réaction engendrée par cette liaison équilibre les forces suivantes :

1° Force appliquée à la bielle par le piston, dirigée suivant $O''B$, de sens quelconque et d'intensité $F_1 = pS - (M + M_2)j$;

2° Force centrifuge de la tête de bielle : direction OO'', sens de O vers O'', intensité $F_2 = M_1 \omega^2 OO''$;

3° Poids de la tête de bielle $p = M_1 g$. Cette dernière force est petite devant les deux précédentes; la négligeant en première approximation, on voit que la rupture de liaison ne peut avoir lieu qu'aux points morts, et lorsque les forces F_1 et F_2, qui ont alors même direction, y sont en même temps égales et opposées. La liaison subsiste en effet en tout autre point, ou lorsque ces conditions ne sont pas remplies.

Il suffit donc de disposer du diagramme de la machine, qui donne p en fonction de la position du piston, c'est-à-dire de celle du maneton, pour pouvoir calculer en tout point la réaction de liaison, puisque les masses et les accélérations sont connues.

J'ai effectué sur un moteur à gaz monocylindrique horizontal de 35 CV une série d'expériences, en vue de rechercher si les chocs apparaissent bien conformément à cette loi.

Pour les rendre plus nettement observables, j'ai porté le jeu ε à $0^{mm},10$, valeur double de la normale.

Malgré cela, la tête de bielle est restée parfaitement silencieuse et le mouvement très doux, à tous les régimes qui n'annulent pas la réaction de liaison au voisinage immédiat du point mort haut (P. M. H.), le seul auquel cela fût possible dans la machine essayée; dans le cas contraire, des chocs violents se manifestent.

Serrant de plus près l'analyse de ce phénomène, j'ai observé que si l'on diminue progressivement, à partir de la marche à pleine charge, les pressions au P. M. H., les chocs apparaissent progressivement, passent par un maximum d'intensité, puis disparaissent.

Ce fait est d'autant plus remarquable que les pressions qui correspondent à la production des chocs sont de cinq à dix fois plus faibles qu'en marche à pleine charge, où le moteur reste silencieux bien que soumis des efforts très supérieurs.

La progressivité des variations de l'intensité des chocs s'explique lorsque l'on tient compte du poids de la tête de bielle, lequel s'exerce perpendiculairement à la direction des forces F_1 et F_2 (opposées au P. M. H.), puisque la machine est horizontale : la rupture de liaison ne peut donc être complète, la réaction ne s'annulant pas. Il se produit seulement un retournement très rapide de la réaction au passage du P. M. H. comme on peut le constater en traçant l'épure des forces pour une suite de positions de la manivelle voisines de ce point.

Ces expériences ont été faites à différentes vitesses et les chocs ont été d'autant plus violents que la vitesse était plus grande; ils atteignaient généralement leur maximum, à une allure déterminée, pour une pression au P. M. H. un peu supérieure à celle qui égale les forces F_1 et F_2, autant du moins que l'on peut en juger, l'appréciation du maximum d'intensité étant assez difficile, et, partant, incertaine.

A 205 t/min, par exemple, cette pression était de 3,6 kg/cm² au lieu de 3,3 kg/cm², ce qui correspond à un décalage de moins de 2 degrés avant le point mort. Les chocs font leur apparition lorsque la pression au P. M. H. atteint 5 kg/cm² et disparaissent vers 2,5 kg/cm², ce qui correspond à un déplacement d'une quinzaine de degrés pour la position du minimum de liaison, partie en avant, partie en arrière du P. M. H.

A ces régimes, l'épure complète des forces montre que la condition $F_1 = F_2$ est remplie quatre fois par cycle moteur, et l'expérience démontre que seule la coïncidence de cette égalité avec le point mort engendre les chocs, car les trois autres fois où les forces s'égalent, aucun bruit ne prend naissance malgré le jeu important de la tête de bielle : la vérification ainsi obtenue justifie donc bien les considérations théoriques qui m'ont conduit à entreprendre ces expériences.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la recherche des orbites périodiques.* Note de M. **P. Fatou**, présentée par M. Maurice Hamy.

Nous considérons, comme dans notre Note précédente (¹), le mouvement d'un point soumis à l'attraction newtonienne d'un centre O, avec un potentiel perturbateur $\varepsilon F(r, z^2)$, ε petite constante positive et $\frac{\partial F}{\partial(z^2)} < 0$; les nœuds de l'orbite ont alors un mouvement rétrograde (²). Si le mouvement est périodique, la période, multiple de celle de la révolution des nœuds, devient infinie avec $\frac{1}{\varepsilon}$: point facile à préciser à l'aide du lemme de Poincaré. Il s'ensuit que ces mouvements périodiques, s'ils existent, ne peuvent résulter de l'application immédiate des principes des *Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*. Mais on peut espérer les obtenir comme il suit : éliminons la longitude θ au moyen de l'équation des aires; nous obtenons un mouvement à deux degrés de liberté, les variables étant, par exemple, z et $\rho = \sqrt{r^2 - z^2}$, la fonction de forces la fonction initiale diminuée de $\frac{C^2}{2\rho^2}$; Il y a, si ε est assez petit, une position d'équilibre stable ($\rho = a$, $z = 0$) correspondant à l'orbite circulaire Γ. Supposons obtenue, au voisinage de $\rho = a$, $z = 0$, une famille de solutions périodiques avec $z \neq 0$, dépendant d'un paramètre τ; nous pourrons choisir τ (ou encore la constante C des aires) de manière que l'accroissement $\int_0^T \frac{C\,dt}{\rho^2}$ de θ, pendant la période T, soit égal à $2\pi\frac{\alpha}{\beta}$, α et β entiers; nous aurons alors un mouvement de période βT.

Écrivons donc, en posant $\rho - a = \xi$, les équations

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = \frac{\partial}{\partial\xi} V(\xi, z^2) = -p^2\xi + l\xi^2 + mz^2 + \ldots,$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = \frac{\partial}{\partial z} V(\xi, z^2) = -z(q^2 - 2m\xi + \ldots),$$

(¹) *Sur le mouvement des nœuds de certaines orbites* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1535).

(²) Si l'on prend pour F le potentiel d'un système d'anneaux circulaires homogènes, de centre O, dans le plan xOy, pouvant d'après Gauss être substitués aux planètes troublantes, pour le calcul des inégalités séculaires, on se rend compte de l'importance pratique de ce résultat.

et développons les solutions voisines de zéro suivant les puissances des valeurs initiales ξ_0, ξ'_0, z_0, z'_0. Exprimons ensuite qu'une solution admet la période $\frac{2\pi}{q}+\tau$, τ voisin de zéro $\Big($nous laissons de côté les solutions pour lesquelles $z=0$, qui s'obtiennent par quadrature et ont une période voisine de $\frac{2\pi}{p}\Big)$. Nous avons quatre équations de condition, mais on verra qu'on peut supposer $z'_0=0$, en changeant t en $t+h$, et supprimer la condition de périodicité relative à z', conséquence des trois autres et de l'intégrale des forces vives ([1]). Il reste à discuter un système de trois équations en ξ_0, ξ'_0, z_0, τ. Si $\frac{p}{q}$ n'est pas entier, on constate que l'élimination de ξ_0 et ξ'_0, pour τ nul ou voisin de zéro, ne donne lieu à aucune difficulté : il reste une équation unique en (z_0, τ) qui, après suppression du facteur z_0, prend la forme ([2]) :

$$z_0^2 - \frac{p^2 q^2 (p^2-4q^2)^2}{4m^2(p^2-2q^2)\left(1-\cos 2\pi\frac{p}{q}\right)}\tau^2 + \ldots$$

et représente dans le plan (z_0, τ) une courbe ayant un point double à l'origine, qui fournira les solutions recherchées si les tangentes en ce point sont réelles, c'est-à-dire si $p^2 > 2q^2$; or cette condition n'est sûrement pas remplie dans les applications que nous avons en vue, p et q étant voisins du moyen mouvement de l'astre étudié : les solutions en question n'existent pas.

On arrive à des conclusions non pas identiques mais analogues, si l'on a égard à l'avance du périhélie qui a lieu, au moins pour les formes usuelles de F, et quand l'inclinaison et l'excentricité ne sont pas considérables : ce phénomène, combiné avec la rétrogradation des nœuds, s'oppose à une périodicité commune de r et z, si la période est voisine d'un petit multiple de celle du mouvement non troublé. On ne peut donc espérer obtenir que des solutions périodiques, même seulement en r et z, si $z \neq 0$, dont la période croisse indéfiniment avec $\frac{1}{\varepsilon}$, solutions dont l'existence ne peut être démontrée que par les méthodes récentes de M. Birkhoff.

([1]) Cf. Picard, *Traité d'Analyse*, **3**, Chap. VIII, p. 178-185.

([2]) Le calcul n'exige que la connaissance des termes du second ordre et d'un seul terme du troisième ordre dans le développement de ξ, ξ', z, z', termes qui s'obtiennent par des quadratures banales.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observation de l'éclipse partielle de Soleil du 29 juin 1927 à l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **Jean Mascart.**

Le ciel a été beau pendant toute la durée de l'éclipse; on voyait seulement quelques cirrus à l'Ouest. Vent NNE, très faible à calme. Au début de l'éclipse, les images étaient un peu défectueuses à cause de la faible hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon; après quoi, elles furent en général assez bonnes.

Pour apprécier les contacts, M. Flajolet a opéré par vision directe avec un verre noir; toutes les autres mesures ont été faites par projection sur écran. Voici les résultats :

Lunettes.	Grossissement.	Diamètre de l'image.	Observateurs.	Heures du premier contact.	Heures du dernier contact.
				h m s	h m s
53mm	30	–	M. Ph. Flajolet	4.16.50	6.7.15
Grégoire 63mm	47	14cm,5	M. J. Guillaume	4.16.57 (1)	6.7.19
			Mlle C. Bac	4.16.56	6.7.13
			Mlle C. Bertrand	?	6.7.16
			Mlle L. Dulac	?	6.7.16
Brünner 160mm	45	20cm	M. H. Groniller	4.16.55	6.7.19
			Mlle M. Bloch	4.16.50	6.7.19

ASTRONOMIE. — *Sur la fréquence des mouvements apparents des étoiles.* Note de M. V. **Nechvile**, présentée par M. H. Deslandres.

Si l'on suppose que le nombre d'étoiles ayant un mouvement apparent μ puisse être représenté, conformément aux recherches de J.-C. Kapteyn et de P.-J. van Rhijn [2], par la série

$$a(\mu)\,d\mu = 2k_1^2 A_1 \mu\, e^{-k_1^2\mu^2} d\mu + 2k_2^2 A_2 \mu\, e^{-k_2^2\mu^2} d\mu + \ldots,$$

où A_j et k_j sont des constantes, le nombre d'étoiles ayant un mouvement

(1) Au premier contact, M. Guillaume note un retard possible de 2 secondes. Durant l'éclipse, Mlle Bloch a effectué au Brünner 184 mesures d'angle et de longueur de la corde commune, qui seront discutées et dont les résultats seront publiés ultérieurement.

(2) *Publications of the Astron. Laboratory at Gröningen*, **30**, 1920, p. 46.

compris entre les limites a et b est donné par la somme

$$N_a^b = \int_a^b a(\mu)\, d\mu = A_1 \int_a^b 2k_1^2 \mu\, e^{-k_1^2\mu^2}\, d\mu + A_2 \int_a^b 2k_2^2 \mu\, e^{-k_2^2\mu^2}\, d\mu + \ldots,$$

de sorte qu'on a, pour le nombre d'étoiles ayant un mouvement plus grand que μ, la somme des exponentielles

$$N_\mu = \sum_j A_j\, e^{-k_j^2\mu^2}.$$

D'après les mouvements propres constatés sur 22 plaques photographiques des frères Henry [1], nous avons obtenu, conformément à la dernière équation, la formule numérique suivante, valable pour la surface céleste de 118°,8 carrés et pour les étoiles, entre la 5e et 16e grandeur photographique

$$N_\mu = 3787{,}8\, e^{-(27{,}0\,\mu)^2} + 732{,}0\, e^{-(12{,}0\,\mu)^2} + 65{,}4\, e^{-(5{,}0\,\mu)^2}$$

qui représente les observations dans les différentes limites avec une approximation suffisante, comme il est visible d'après la Table ci-après. Il est à remarquer que les coefficients k_j, dans les exposants, forment approximativement une série géométrique.

Table de fréquence des mouvements apparents dans les limites de 0″,02 à 0″,30 par an.

	$A_1 e^{-k_1^2\mu^2}$.	$A_2 e^{-k_2^2\mu^2}$.	$A_3 e^{-k_3^2\mu^2}$	Calcul.	Observ.
μ = 0″,02–0″,04	1649,0	109,7	1,9	1760,6	1761
0,04–0,06	904,8	145,5	3,1	1053,4	970
0,06–0,08	238,9	144,3	4,0	387,2	390
0,08–0,10	32,9	117,9	4,8	155,6	156
0,10–0,12	2,7	81,3	5,3	89,3	81
0,12–0,14	0,0	48,5	5,6	54,1	52
0,14–0,16	–	25,2	5,4	30,8	19
0,16–0,18	–	11,4	5,1	16,8	14
0,18–0,20	–	4,6	4,5	9,5	12
0,20–0,22	–	1,6	4,0	6,1	10
0,22–0,24	–	0,5	4,0	4,5	5
0,24–0,26	–	0,2	3,4	3,6	7
0,26–0,28	–	0,0	2,9	2,9	4
0,28–0,30	–	–	2,3	2,3	2

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 210.

Nos observations permettent d'établir deux conclusions : 1° De déterminer les nombres d'étoiles d'un éclat supérieur à une grandeur donnée, ayant un mouvement apparent plus grand qu'une certaine limite, nombres qui ont de l'intérêt pour l'examen futur des clichés du Catalogue et de la Carte du Ciel photographiques.

Or, l'ensemble d'étoiles observées contient 11,1 pour 100 d'étoiles d'éclat jusqu'à la 11ᵉ grandeur photographique inclusivement; 68,6 pour 100 d'étoiles jusqu'à la 14ᵉ grandeur incl., tandis que le complément de 31,4 pour 100 sont les étoiles des grandeurs 15ᵉ et 16ᵉ seulement. Ayant égard à cette répartition, on trouve, pour une surface céleste de 100° carrés,

20,5 étoiles de la 5ᵉ à la 11ᵉ gr. ph. ayant $\mu > 0'',10$,
126,3 étoiles de la 5ᵉ à la 14ᵉ gr. ph. ayant $\mu > 0'',10$.

Le dernier chiffre se trouve en accord assez étroit avec la détermination de M. Max Wolf, qui indique, d'après les recherches effectuées à Heidelberg avec le Bruce-Téléscope, une étoile par degré carré dans les mêmes limites.
2° Il est à signaler que les nombres d'étoiles ayant un mouvement plus fort que 0'',05 sont 5,1 fois plus grands que les nombres précédents. Nous trouvons, en effet, pour 100° carrés :

104,3 étoiles de la 5ᵉ à la 11ᵉ gr. ph. ayant $\mu > 0'',05$,
644,1 étoiles de la 5ᵉ à la 14ᵉ gr. ph. ayant $\mu > 0''.05$.

Or, si l'on suppose que la densité d'étoiles dans l'espace, ainsi que la vitesse réelle absolue sont constantes, le rapport des nombres en question devrait être égal à 8 [1]. Nos observations se rapportent avec une très grande probabilité aux étoiles appartenant à l'amas central de la Voie Lactée et indiquent donc que soit la densité, soit la vitesse d'étoiles dans cet amas diminuent avec la distance du Soleil.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le noyau de la comète Pons-Winnecke* (1927 *c*). Note de M. **Fernand Baldet**, présentée par M. H. Deslandres.

A cause de son extrême petitesse relative, le noyau est la partie la plus difficilement observable et la moins connue des comètes. On ignore, en particulier, à peu près tout de ses dimensions. Aussi doit-on mettre à profit

(1) C.-V.-L. Charlier, *Studies in Stellar Statistics* (*Meddelanden fr. Lunds Astr. Observat.*, 1, 1912, p. 12).

tout rapprochement exceptionnel d'une comète de la Terre pour aborder l'étude de son noyau avec les grands instruments à pouvoir séparateur élevé.

La comète périodique de Pons-Winnecke, découverte en 1819, étant passée le 27 juin dernier à la faible distance minima de la Terre $\Delta = 0,039$ et à $r = 1,041$ du Soleil, six jours après le périhélie, dans d'excellentes conditions d'observation, je l'ai suivie visuellement à partir du 20 mai ($\Delta = 0,284$; $r = 1,130$) jusqu'au 28 juin, avec la grande lunette de $0^{m},83$ de Meudon dont le pouvoir séparateur est de $0'',16$.

Les observations, faites avec des grossissements de 350, 540 et 800 fois, montrent que le noyau de cette comète s'est toujours présenté sous l'aspect d'un *point stellaire unique* entouré d'une toute petite nébulosité, sensiblement circulaire, de $2''$ à $3''$ ($2'',5 = 75^{km}$ au périgée), à bords peu dégradés, se détachant assez nettement sur la vaste nébulosité de la chevelure. A aucun moment je n'ai eu la sensation d'un noyau en forme de disque. Cependant, s'il avait sous-tendu un angle de $0'',30$ on eût aisément vu son contour. On peut donc déjà affirmer que son diamètre n'a pas dû être sensiblement supérieur à celui de la tache centrale de diffraction, ce qui lui donne une limite maxima de 5^{km} environ.

La différence, indiquée plus haut, entre le noyau d'aspect stellaire et la tache gazeuse qui l'entoure, que j'ai appelée *gaz du noyau* dans une publication antérieure (¹), a été bien constatée dans les circonstances de rapprochement exceptionnel présenté par cette comète (²). Elle doit retenir l'attention. A mon avis, elle ne peut s'expliquer que par la présence d'un seul noyau solide — puisque le mouvement de celui-ci n'est pas affecté par la force répulsive solaire et qu'il obéit exactement, depuis plus d'un siècle, à la loi de Newton — noyau qui ne brille pas par lui-même, comme les gaz luminescents ultra-raréfiés qui l'entourent et dont il est la source, mais par simple diffusion de la lumière solaire, comme un astéroïde.

Lorsque l'instrument n'a pas une ouverture suffisante, ou que la comète est un peu loin, la tache centrale de diffraction donnée par le noyau stellaire se confond avec les gaz du noyau, et les observations se rapportent à l'ensemble.

Les comparaisons de l'éclat du noyau avec les étoiles du champ lui

(¹) Ces gaz ont présenté, dans toutes les autres comètes, un spectre de ligne caractéristique, que j'ai décrit, et qui n'a pas encore été identifié (*Annales de l'Observatoire de Meudon*, 7, 1926, p. 53).

(²) Seule la comète Lexell est passée plus près de la Terre, à 0,016, le 1ᵉʳ juillet 1770.

assignent une grandeur égale à la 13e environ au moment du périgée. En négligeant, dans une première approximation, la lumière supplémentaire qui lui vient des gaz lumineux se projetant devant lui, et ne retenant que la lumière solaire diffusée, il est aisé de déduire de la formule ci-dessous son diamètre 2ρ en secondes d'arc à la distance Δ de la Terre en fonction de sa grandeur stellaire g observée, de sa distance r au Soleil, et de son albedo A (sans terme de phase)

$$\log\rho = -\frac{1}{5}(g + 0,15) + \log r - \frac{1}{2}\log A.$$

La grandeur stellaire du Soleil, adoptée pour l'établissement de cette formule, est $-26,72$.

Mais, l'albedo étant inconnu, les observations donnent seulement le produit $\rho A^{\frac{1}{2}}$. En faisant $g = 13$, on obtient $2\rho A^{\frac{1}{2}} = 0'',0048$.

La valeur la plus élevée de l'albedo qu'on puisse raisonnement adopter ne saurait dépasser celle de Vénus ou du deuxième satellite de Jupiter qui est probablement la plus élevée de tout le système solaire. Avec la formule précitée, elle vaut 0,50. On obtient alors la limite inférieure probable du diamètre du noyau $2\rho = 0'',007$ ou 200m. Mais, si l'on en juge par les météorites, le noyau des comètes doit être sombre, et il est probable que son albedo est du même ordre de grandeur que celui des corps les plus sombres du système solaire, la Lune, Mercure, Cérès et le quatrième satellite de Jupiter, soit environ 0,10. Le diamètre serait alors de 0'',015 ou 420m. Un albedo de 0,05 donnerait 0'',022 ou 620m.

L'ensemble du noyau stellaire et de ses gaz, vu avec l'oculaire de 350 à la grande lunette, avait l'éclat d'une étoile de 10e grandeur. Il en sortait une large aigrette dirigée au NE, vers le Soleil.

A l'œil nu la chevelure gazeuse émise par ce petit noyau était sensiblement circulaire, très dégradée et sans queue apparente. Elle mesurait environ 3° le 26 juin, ce qui donne 24 fois le diamètre terrestre. La partie centrale, dont l'éclat était de l'ordre de celui de la Voie lactée, ne dépassait pas 1°, soit 8 fois le diamètre de la Terre. La grandeur visuelle de l'ensemble, à l'œil nu, donnait l'impression d'une étoile de 4e à 4e,5 grandeur.

Pour qu'un noyau si petit, appartenant à une comète qui revient tous les six ans au périhélie, puisse dissiper encore autour de lui une telle abondance de gaz, il me semble nécessaire d'admettre que sa formation est relativement récente.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie relativiste des quanta.* Note ([1]) de MM. **D. J. Struik** et **Norbert Wiener**, présentée par M. Hadamard.

On peut, par des considérations d'un caractère très général, obtenir une théorie du champ gravitationnel, du champ électromagnétique et des quanta pour le cas d'un seul électron. Nous voulons l'esquisser brièvement, espérant la donner plus complètement ailleurs.

Considérons une variété générale à quatre dimensions, chaque point ayant les coordonnées x^ν, $\nu = 1, 2, 3, 4$, assujetties aux transformations analytiques

$$'x^\nu = f^\nu(x^1, x^2, x^3, x^4). \tag{1}$$

Introduisons dans cette variété une équation différentielle partielle du second ordre du type hyperbolique

$$F(\psi) = \sum_{\lambda,\mu}^{1,\ldots,4} a^{\lambda\mu} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + \sum_{\lambda}^{1,\ldots,4} a^\lambda \frac{\partial \psi}{\partial x^\lambda} + a_0 \psi = 0, \tag{A}$$

représentant le mouvement ondulatoire de l'électron. L'introduction de cette équation se justifie par des considérations sur la causalité : le mouvement étant déterminé en général par la position et les vitesses originales.

Outre les transformations (1), les transformations

$$'F(\psi) = RF(\psi) \tag{2}$$

(R une fonction des x^ν) transforment l'équation (A) en elle-même. Le calcul des invariants et covariants de cette équation sous ces transformations a été l'objet d'une étude de M. Cotton, continuée par M. Levi-Cività ([2]). Selon elle, l'équation (A) définit, sous les transformations (1),

---

([1]) Séance du 2 mai 1927.

([2]) E. Cotton, *Sur les invariants différentiels de quelques équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, 17, 1900, p. 211-244); T. Levi-Cività, *Sulla trasformazione delle equazioni lineari a derivate parziali del secondo ordine* (*Atti del Reale Istituto Veneto*, serie ottava, 15, parte 2, 1913, p. 1331-1357).

un tenseur $g^{\lambda\mu}$ et un vecteur p^ν définis par

$$g^{\lambda\mu} = a^{\lambda\mu},$$

$$p^\nu = -\frac{1}{2}a^\nu + \frac{1}{2\sqrt{g}}\sum_{\alpha}^{1,\ldots,4}\frac{\partial}{\partial x^\alpha}(\sqrt{g}\,g^{\alpha\nu}),$$

g étant le déterminant du tenseur covariant $g_{\lambda\mu}$ ($g \neq 0$). L'équation (A) s'écrit alors

$$\text{(B)} \qquad \Box\psi - 2\sum_{\lambda}^{1,\ldots,4} p^\lambda \frac{\partial\varphi}{\partial x^\lambda} + a_0\psi = 0,$$

où

$$\Box\psi = \frac{1}{\sqrt{g}}\sum_{\alpha}\frac{\partial}{\partial x^\alpha}\sqrt{g}\,g^{\alpha\beta}\frac{\partial\psi}{\partial x^\beta}.$$

Sous les transformations (2), $g^{\lambda\mu}$ et $p_\nu = \sum_\lambda g_{\lambda\nu}p^\lambda$ sont transformés de la manière suivante :

$$\text{(3)} \qquad \begin{cases} 'g^{\lambda\mu} = \mathrm{R}\,g^{\lambda\mu}, \\ 'p_\nu = p_\nu - \dfrac{1}{2\mathrm{R}}\dfrac{\partial \mathrm{R}}{\partial x^\nu}. \end{cases}$$

Introduisons les quantités K, la courbure riemannienne scalaire appartenant au tenseur $g_{\lambda\mu}$, et la quantité scalaire

$$\mathrm{H} = \mathrm{D} - \mathrm{F} + + a_0,$$

où

$$\mathrm{D} = \frac{1}{\sqrt{g}}\sum_\alpha \frac{\partial}{\partial x^\alpha}\sqrt{g}\,p^\alpha,$$

et

$$\mathrm{F} = \sum_{\lambda,\mu} g^{\lambda\mu}p_\lambda p_\mu.$$

On démontre facilement, avec M. Cotton, que, sous les transformations (2),

$$'\mathrm{K} - 6\,'\mathrm{H} = \mathrm{R}(\mathrm{K} - 6\mathrm{H}).$$

Normalisons l'équation (A) par la condition

$$\text{(Q}_1\text{)} \qquad '\mathrm{K} - 6\,'\mathrm{H} = \frac{24\pi^2 m^2 c^4}{e^2 h^2},$$

où h est la constante de Planck, m et e sont la masse en repos et la charge de l'électron, et c la vitesse de la lumière. Une équation (A) normalisée est

ainsi univoquement déterminée. Si l'on interprète les $g_{\lambda\mu}$ comme tenseur du champ gravitationnel et les p_ν comme le vecteur potentiel du champ électromagnétique dans une échelle appropriée, l'on voit que l'équation (A), qui par (3) a déterminé une géométrie de Weyl, définit, après la condition (Q_1), une géométrie de Riemann et un potentiel déterminé sans ambiguïté. On se trouve donc dans le cas de la théorie d'Einstein.

CAPILLARITÉ. — *Lames élémentaires de la myéline en présence de l'eau.* Note de M. **Nageotte**, présentée par M. Brillouin.

Une parcelle d'extrait éthéré de cerveau (après épuisement par l'acétone), montée en préparation dans l'eau, s'hydrate et s'entoure, à la température ordinaire, de figures myéliniques rayonnantes; on peut en suivre l'évolution plusieurs jours, aux grossissements les plus forts. Ces excroissances, simples tubes au début, se contournent, se ramifient et se remanient pour former des lobules complexes, rattachés à leur point d'origine par un pédicule, où passe la matière qui les alimente. Leur croissance se ferait par intussusception suivant Lehmann [1]; elle résulte en réalité de courants dans les lames élémentaires; ces dernières ne peuvent s'agrandir que dans deux dimensions, alors que l'intussusception vraie, propre aux structures colloïdales, se fait suivant les trois dimensions.

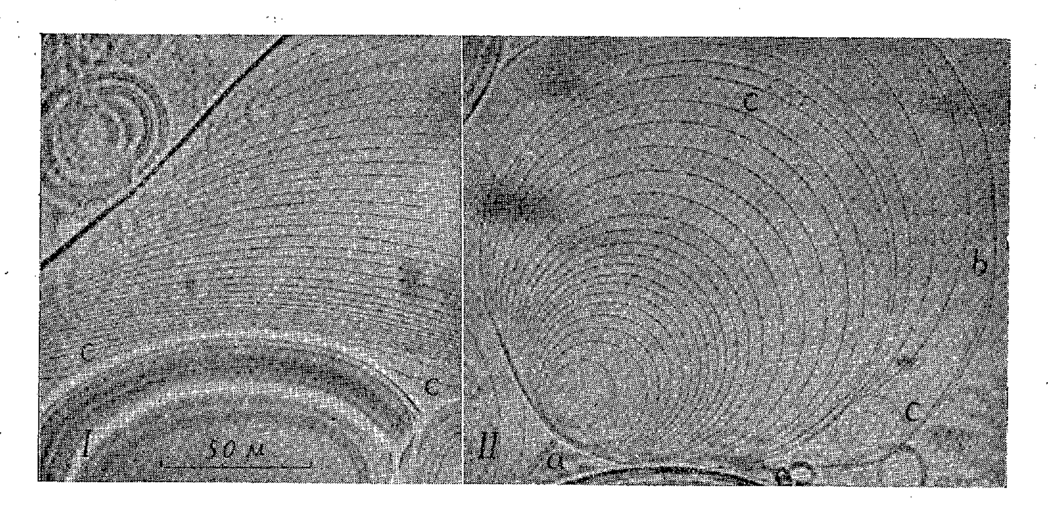
A la périphérie de la couronne d'excroissances myéliniques, on peut voir isolées, dans l'eau distillée mais non dans l'eau salée, les *lames élémentaires de la myéline*. Ce sont des lames minces liquides, caractérisées par leur substance lipoïde et leurs deux surfaces hydrophiles. Ces lames isolées ont une forme toujours sphérique, tandis que les figures myéliniques à parois épaisses sont généralement cylindriques. Elles se dispersent régulièrement dans l'eau. Leur aspect strictement uniforme permet de les reconnaître : un complexe de deux lames accolées donne une image plus forte que chacun des constituants séparés (*fig.* II, *b*). En mise au point haute, cette image consiste en une frange principale claire, bordée du côté convexe par une frange sombre; l'aspect est inverse en mise au point basse. Les lignes courbes observées subissent une translation parallèle vers le centre de la figure lorsque la mise au point s'écarte, en haut ou en bas, du plan où se fait l'inversion des franges et où l'image possède les propriétés d'un grand cercle. Les images

---

(1) O. Lehmann, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 389 et 1100.

observées répondent donc à la coupe optique de lames réfringentes sphériques. Lorsque la myéline est colorée par l'écarlate, les franges claires sont nettement teintées.

Tantôt les lames élémentaires résultent de l'exfoliation des couches superficielles de myéline à la périphérie des lobules et forment des calottes sphériques (*fig*. I); tantôt elles se disposent en sphères complètes constituées soit par une seule lame, soit par un ou plusieurs systèmes de lames élémentaires dispersées, emboîtées de diverses façons. Ces sphères creuses, simples ou complexes, peuvent être entièrement libres et flotter dans le liquide, ou bien elles sont rattachées par un tube mince à leur point d'origine (*fig*. II, *a*).



Dans ce dernier cas, la figure résulte de la brusque dispersion, à l'extrémité d'un tube myélinique, des lames élémentaires de sa paroi; toutes les bulles sphériques emboîtées sont en effet rattachées à l'extrémité de la portion du tube restée compacte. Cette circonstance permet de tenter une évaluation de leur épaisseur; ainsi la figure II montre 21 lames partant d'un tube dont la paroi est épaisse d'environ 0μ,6; cela donne 300 Å pour l'encombrement de la lame élémentaire dans la partie du tube qui est hydratée, mais non dispersée. Ce chiffre n'est pas contraire à l'hypothèse d'une structure uni ou bimoléculaire de la lame élémentaire, si l'on admet que l'eau d'hydratation s'interpose entre les lames.

La structure lamellaire, mise en évidence par la dispersion de lames élémentaires isolées, permet de comprendre la morphologie des figures

myéliniques, toujours creuses, et explique la constance, pour chacune d'elles, de l'épaisseur de la paroi, formée d'un nombre déterminé de lames superposées. Une lame liquide de myéline ne saurait conserver un bord libre, car la tension superficielle sur la tranche ramène ce bord à zéro. Aussi toutes les figures myéliniques sont-elles fermées; celles qui paraissent ouvertes résultent de l'invagination de figures fermées; lorsqu'il se fait des disjonctions ou des coalescences, les figures résultantes se referment aussitôt; la matière en trop se met en sphérules creuses (c). Pourtant un bord de lame peut exister s'il mouille une substance qui le fixe; dans la gaine de myéline des fibres nerveuses, on trouve une formation lipoïde, décrite par moi sous le nom de *double bracelet épineux*, qui fixe les bords des lames autour de l'entrée du cylindraxe; d'autres formations lipoïdes jouent le même rôle dans les incisures.

Lehmann a supposé un phénomène de *succion* amenant les invaginations des figures myéliniques. De mon côté, j'ai donné une explication semblable de l'état œdémateux du cylindraxe dans les segments de la gaine des fibres nerveuses. Ceci concerne les tubes épais, relativement imperméables; lorsque les lames élémentaires se dispersent, dans les figures myéliniques artificielles, on peut supposer que leur perméabilité permet l'entrée de l'eau, aspirée jusqu'à réalisation de la forme sphérique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le contact métal-sulfure cuivreux.* Note de M. **J. Cayrel**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai étudié les variations de la résistance électrique du contact métal-Cu^2S sous l'influence d'un courant permanent d'intensité croissante ou décroissante pour les deux sens du courant. Le contact était formé d'un fil métallique de $0^{mm},50$ de diamètre appuyant légèrement sur un échantillon cristallisé du sulfure cuivreux. Les métaux employés étaient : Pt, Au, Ag, Cu, Al.

Soient V la différence de potentiel appliquée au contact, R la résistance du contact dans le sens Cu^2S-métal, P sa résistance dans le sens métal-Cu^2S, I l'intensité du courant. Tant que V reste assez petit, I, R et P prennent immédiatement leurs valeurs de régime; au contraire, pour de plus grandes valeurs de V, on observe des phénomènes de *traînage* : I, R et P ne prennent des valeurs fixes qu'au bout d'un temps pouvant atteindre plusieurs minutes.

I. *Le courant traverse le contact dans le sens* Cu^2S-*métal :*

a. Courants croissants (V varie de o à V_1). — La résistance R du contact commence par *croître*, passe par un *maximum* et subit une chute brusque [1] (*cohération*) au cours de laquelle V demeure *constant* quand I augmente (on retrouve la loi limite des cohéreurs [2] : $V = RI = \text{const.} = e$). Pour l'échantillon de Cu^2S utilisé la *f. e. m. critique e* était sensiblement égale à 0,1 volt pour Ag, à 0,4 volt pour Cu, à 0,6 volt pour Al. Le *traînage* signalé plus haut s'observe *au début* de la cohération.

b. Courants décroissants (V varie de V_1 à o). — La *cohération* du contact est complètement *irréversible* avec Au, Pt, *partiellement réversible* avec Al, Cu, *entièrement réversible* avec Ag.

Le *traînage* est *à peu près inexistant.* Par contre, avec Al et Cu, la résistance cohérée présente un léger effet d'*hystérésis*.

II. *Le courant traverse le contact dans le sens métal*-Cu^2S :

a. Courants croissants (V varie de o à V_1). — La résistance P du contact commence par *diminuer*, mais, pour une valeur suffisante de V, l'effet de diminution de résistance *est suivi* d'un effet d'*augmentation* de résistance avec le temps (*anticohération avec traînage*), qui cause une diminution de I. Le second effet devient rapidement prépondérant, et masque l'effet de diminution qui tend toujours à se produire d'abord [3] à chaque augmentation de V. Finalement, on observe une véritable *disjonction*, la résistance du contact pouvant atteindre plusieurs dizaines de mille ohms (ex. : $P_0 = 750$ ohms, $P_1 = 40000$ ohms). Avec Au et Pt, l'anticohération est gênée par la cohération que tend à produire tout courant traversant un contact : les grandes résistances obtenues sont instables.

b. Courants décroissants (V varie de V à o). — L'anticohération est *irréversible*. Quand V décroît de V_1 à o, la résistance du contact loin de diminuer *augmente encore davantage* (ex. : $P_0 = 750$ ohms, $P_1 = 40000$ ohms, $P'_0 = 1$ mégohm). Si V croît à nouveau de o à V_1, P varie de P'_0 à P_1 en repassant par les mêmes valeurs : il n'y a ni *traînage*, ni *hystérésis*.

III. *Comparaison des deux résistances* R *et* P. — Pour les faibles valeurs

---

(1) Si l'on monte en série avec le contact une résistance convenablement choisie, on obtient l'effet Lossev $\left(\frac{dV}{dI} \text{ négatif}\right)$.

(2) Cf. Blanc, *Thèse*, 1905, p. 85.

(3) Cf. Blanc, *Thèse*, 1905, p. 94.

de V, R est plus grand que P et le courant passe plus facilement dans le sens métal-Cu^2S que dans le sens Cu^2S-métal, puis l'*inverse* se produit en raison, d'abord de la *cohération* de R, ensuite [1] de l'*anticohération* de P.

Les particularités que j'ai signalées [2] touchant la rectification des courants alternatifs par le contact métal-Cu^2S sont entièrement conformes aux résultats précédents qui éclairent le mécanisme de l'inversion du courant rectifié : la détection β des faibles courants correspond à $R > P$, l'inversion de la rectification à $R = P$, la détection α des courants intenses à $R < P$.

Conclusions. — Les applications électriques des contacts imparfaits les ont fait considérer sous le triple aspect des *cohéreurs*, de *détecteurs rectifiants* et de *générateurs d'oscillations* (effet Lossev). Les résultats précédents établissent un lien entre ces différents aspects et confirment les vues de M. Blanc sur la parenté des cohéreurs et des détecteurs. Ils montrent que :

1° L'*inversion* de la rectification chez le contact métal-Cu^2S est due à une *cohération unilatérale* du contact. Cette cohération diffère de celle des contacts métalliques étudiés par M. Blanc en ce que :

a. Elle n'est pas *progressive* mais apparaît brusquement pour une valeur *critique* de V ;

b. Elle n'est pas toujours *irréversible;* le contact peut être partiellement ou complètement *autodécohérent;*

c. Avec certains métaux la résistance cohérée présente de l'*hystérésis*.

2° Cette *cohération* n'est autre que la chute de résistance utilisée chez les contacts générateurs pour rendre $\frac{dV}{dI}$ négatif.

3° L'*anticohération* de la résistance P ne diffère des anticohérations observées par M. Blanc sur le contact aluminium-acier [3] que :

a. par son caractère *discontinu;*

b. par sa grandeur *énorme*.

---

(1) L'anticohération de P exige, en effet, des valeurs de V supérieures à celles qui produisent la cohération de R.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 449.

(3) Blanc, *Thèse*, 1905, p. 94.

PHYSIQUE. — *Théorie des sous-électrons.*
Note de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. Jean Perrin.

Considérons une particule de masse M en suspension dans un gaz dont les molécules ont une masse m. La particule M possède une charge e d'électricité. Pendant le choc par m de la masse M, celle-ci subit une accélération Γ; il en résulte une onde électromagnétique d'énergie ε donnée par l'équation de Langevin

$$(1)\qquad \varepsilon = \frac{2}{3}\frac{e}{c}\int_{t_1}^{t_2}\Gamma^2\,dt.$$

L'intégrale n'a un sens que lorsque le temps de choc n'est pas infiniment petit et Γ est une fonction continue dans l'intervalle de temps $t_2 - t_1 = \delta t$. Afin d'obtenir une valeur approchée de ε, nous pouvons faire le raisonnement suivant :

Le principe de conservation de la quantité de mouvement s'écrit

$$m\,\overline{\Delta v_x} = \mathrm{M}\,\overline{\Delta \mathrm{V}_x},$$

$\overline{\Delta v_x}$ et $\overline{\Delta \mathrm{V}_x}$ étant les accroissements moyens de vitesse de la molécule m et de la particule M, accroissements produits pendant les chocs.

Par hypothèse, Δv_x et $\Delta \mathrm{V}_x$ étant des fonctions continues dans l'intervalle de temps δt, nous avons

$$(2)\qquad \Gamma = \frac{d}{dt}(\Delta \mathrm{V}_x) = \frac{m}{\mathrm{M}}\frac{d}{dt}(\Delta v_x) = \frac{m}{\mathrm{M}}\gamma,$$

γ étant l'accélération de la molécule pendant le choc.

L'équation (1) s'écrit alors

$$(3)\qquad \varepsilon = \left[\frac{2}{3}\frac{e}{c}m^2\int_{t_1}^{t_2}\gamma^2\,dt\right]\frac{1}{\mathrm{M}^2}.$$

L'intégrale figurant entre parenthèses peut s'écrire $\gamma_1^2\,\delta t$, γ_1 étant la valeur moyenne de γ dans l'intervalle de temps δt. Lorsque les dimensions de la particule sont très grandes par rapport aax dimensions des molécules, δt, γ ou γ_1 peuvent dépendre de la nature de m et de M, mais non de la grandeur de la particule, dont la vitesse V est petite par rapport à v.

Donc, pour des particules en suspension (particules de mêmes substance et forme, mais de masses différentes), *la quantité d'énergie rayonnée pendant chaque choc est inversement proportionnelle au carré de la masse de la particule.*

D'autre part, on a

$$mv_x^2 = \frac{RT}{N} = MV_x^2 + \varepsilon. \tag{4}$$

Dans la formule par laquelle on calcule la charge e de la particule dans les expériences de Millikan, Fletcher ou d'Ehrenhaft, où l'on a pris

$$MV_x^2 = \frac{RT}{N},$$

il faut prendre au lieu de $\frac{RT}{N}$ l'expression $\frac{RT}{N} - \varepsilon$, d'après l'équation (4).

La charge apparente e_1 observée est donnée alors par la formule

$$e_1 = e\left\{1 - \left[\frac{2}{3}\frac{m^2}{c}\frac{N}{RT}\int_{t_1}^{t_2}\gamma^2\,dt\right]\frac{1}{M^2}\right\} = e\left(1 - \frac{N\varepsilon}{RT}\right). \tag{5}$$

Lorsqu'on diminue M, toutes les autres conditions restent les mêmes; la charge e_1 au-dessous d'une certaine valeur de M diminue très vite; c'est ce qui a été observé par M. Ehrenhaft et ses collaborateurs.

Entre deux chocs consécutifs, la particule chargée rayonne une quantité d'énergie (ε_1) facile à calculer :

$$\varepsilon_1 = \frac{2}{3}\frac{e}{c}(eF)t\Delta t,$$

F, le champ électrique extérieur; Δt, le temps moyen de parcours entre deux chocs. La valeur de ε_1 s'ajoute à ε. ε_1 est très petit par rapport à ε; on peut le négliger dans le calcul.

Lorsqu'on admet que chaque choc peut produire un rayonnement seulement par quanta d'une certaine fréquence ν, on obtient le terme correctif $\bar{\varepsilon}$ de la formule (4) à la place de ε, en écrivant :

$$\varepsilon = \frac{1}{K}\frac{RT}{N}, \qquad \bar{\varepsilon} = \frac{h\nu}{e^{K\cdot\frac{Nh\nu}{RT}} - 1}.$$

K est toujours plus grand que 1. Dans la formule (5), au lieu de $\mathcal{E}$, il faut mettre $\bar{\mathcal{E}}$. Comme $\bar{\mathcal{E}} \leqq \mathcal{E} \leqq \frac{RT}{N}$, le mouvement brownien subsisterait même pour les plus petites particules chargées, ce qui est observé.

Par la théorie développée on peut expliquer aussi la formation des gouttelettes d'eau autour d'une charge portée par une molécule ou par une particule, car son énergie cinétique (et en même temps sa température) diminue par suite des chocs subis. De même il résulte des expériences de

M[lle] Parankiewicz ([1]) que pour des petites particules la valeur de e_1 est très petite. $\overline{\mathcal{E}}$ tend alors vers $\frac{RT}{N}$; pour qu'il en soit ainsi, il faut que ν soit petit. La particule pendant le choc devient alors un résonateur de très grande longueur d'onde. Résonateur capable d'absorber ou dissiper le rayonnement de même fréquence. Ceci explique l'absorption de rayons électromagnétiques par l'atmosphère sèche qui contient un grand nombre de ces particules chargées par l'effet photo-électrique (en été pendant le jour).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la répartition du champ électrique dans l'espace sombre.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. Le champ est déterminé par l'équation de Poisson. Pour faire le calcul de la densité électrique en chaque point, il est nécessaire de connaître le parcours moyen λ_1 des ions positifs avant leur neutralisation, et les différentes conditions de leur formation. La vitesse des rayons positifs dans l'espace sombre est suffisante pour que le parcours moyen λ_1 soit un peu plus grand que le libre parcours moyen λ. Sur un trajet λ_1, un rayon positif produit une certaine ionisation et crée, en moyenne, un nombre d'ions positifs égal à

$$\alpha - 1 = \frac{\lambda_1 - \lambda}{\lambda}.$$

Au bout du parcours λ_1, l'ion positif est neutralisé dans un choc contre une molécule ou un atome neutre : il lui enlève un électron en produisant ainsi un nouvel ion positif qui le remplace. Ces hypothèses permettent de rendre compte de la manière la plus rigoureuse de la distribution du champ observé dans l'espace sombre. Si l'on admet que de la lueur négative partent $\rho_0 v_0$ ions positifs par seconde, le nombre des ions en un point situé à la distance x de la lueur négative est

$$n = \rho_0 v_0 e^{\frac{\alpha -}{\lambda_1} x}.$$

Le nombre des ions formés entre x et $x + dx$ est donc

$$dn = \rho_0 v_0 \alpha e^{\frac{x(\alpha-1)}{\lambda_1}} \frac{dx}{\lambda_1}.$$

([1]) M[lle] J. Parankiewicz, *Phys. Ztschft*, 18, 1917, p. 567.

et la densité qui leur correspond en un point d'abscisse ξ,

$$d\rho = \frac{dn\,\varepsilon\,e^{-\frac{\xi-x}{\lambda}}}{\sqrt{\frac{2\varepsilon}{m}(V_\xi - V_x)}}.$$

L'équation de Poisson

$$\int_0^\xi \frac{\rho_0 v_0 \varepsilon\, e^{x\frac{(\alpha-1)}{\lambda_1}}\, e^{-\frac{\xi-x}{\lambda}}}{\sqrt{\frac{2\varepsilon}{m}(V_\xi - V_x)}} \cdot \frac{dx}{\lambda} = \frac{1}{4\pi}\frac{d^2V}{d\xi^2}$$

permet de calculer V. On se ramène d'abord au calcul de l'intégrale

$$I = \int_0^\xi \frac{e^{-\frac{\xi-x}{\lambda}}}{\sqrt{V_\xi - V_x}}\frac{dx}{\lambda},$$

dont la valeur, avec une erreur relative inférieure à quelques centièmes est, pour $\xi > 3\lambda$,

$$I = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{\frac{dV}{d\xi}}}.$$

Par une intégration immédiate on obtient le champ. Il est donné par une expression de la forme

$$(1) \qquad \frac{dV}{dx} = a(e^{\mu x} - 1)^{\frac{2}{3}}, \qquad \mu = \frac{\alpha - 1}{\lambda_1} > 0.$$

On peut intégrer encore une fois et calculer V_x, ce qui fournit une relation entre la chute de potentiel V dans l'espace sombre et l'intensité qui le traverse. On trouve ainsi

$$I = f(E)\,V^{\frac{3}{2}},$$

$f(E)$ étant une fonction de la longueur E de l'espace sombre.

La formule (1) rend compte, avec une précision tout à fait remarquable, de toutes les formes de courbe observées. Quand la différence de potentiel traversée sur un parcours λ est faible, α est très voisin de 1 et la courbe du champ est à peu près une droite [Aston ([1])].

Quand le produit $\lambda\frac{dV}{dx}$ augmente, α croît et la courbe se rapproche de plus en plus d'une exponentielle [Schuster ([2]), Brose ([3])].

([1]) Aston, *Proc. Roy. Soc.*, 84, 1911, p. 526.
([2]) Schuster, *Proc. Roy. Soc.*, 47, 1890, p. 526.
([3]) Brose, *Ann. der Phys.*, 58, 1919, p. 731.

2. En admettant que les rayons positifs ont un pouvoir ionisant nul ($\alpha = 1$) et en supposant que les ions positifs proviennent : 1° uniquement de la lueur négative; 2° de la lueur négative et de l'ionisation produite par les rayons cathodiques, on obtient deux expressions de la forme

$$\frac{dV}{dx} = ax^{\frac{2}{3}},$$

$$\frac{dV}{dx} = [ax + b(e^{-\mu x} - 1)]^{\frac{2}{3}} \qquad \text{avec } \mu > 0,$$

qui ne permettent de rendre compte ni l'une ni l'autre des faits expérimentaux observés. Il est donc nécessaire d'admettre que les rayons positifs ont un certain pouvoir ionisant et qu'ils obéissent à des lois voisines de celles que j'ai admises. Ces lois correspondent d'ailleurs parfaitement à celles mises en évidence dans les recherches de Townsend (¹).

3. Au voisinage de la cathode le champ cesse de croître sur un intervalle de l'ordre de λ. Ce phénomène est dû à la présence d'une charge spatiale négative. On pouvait croire qu'elle est due aux rayons cathodiques. Mais le courant nécessaire pour l'expliquer ainsi serait beaucoup trop considérable. On retrouve les courbes expérimentales [Krefft (²)] en admettant la présence d'ions négatifs atomiques ou moléculaires qui sont détruits après *un* choc. La production des rayons cathodiques ne serait donc pas aussi simple qu'on le croit : il y aurait, au moins dans certains cas, une formation transitoire d'ions négatifs moléculaires ou atomiques.

OPTIQUE. — *Application de la méthode générale de Chaumont à la mesure de la polarisation elliptique produite par réflexion à la surface des liquides.* Note de M. C. **Bouhet**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude de la polarisation elliptique de la lumière par réflexion vitreuse, poursuivie depuis Jamin par de nombreux expérimentateurs, a presque toujours été faite sur des solides, et uniquement (sauf dans les expériences de Lord Rayleigh) avec le compensateur de Babinet.

Cet appareil donne directement avec une bonne précision (de l'ordre de 0,001 λ) la différence de phase entre les deux composantes parallèles et

(¹) Townsend, *Phil. Mag.*, 6, 1903, p. 598, et 8, 1904, p. 738.
(²) Krefft, *Ann. der Phys.*, 75, 1924, p. 513.

perpendiculaires au plan de l'incidence. Il donne aussi le rapport K de leurs amplitudes mais avec une précision bien moins bonne. Il me paraît difficile d'atteindre une erreur absolue inférieure à 0,00040. Cette méthode est donc inutilisable pour l'étude d'ellipticités de l'ordre de 0,001 (et même 0,00040 dans le cas de l'eau) comme celles produites sous l'incidence brewstérienne.

J'ai appliqué à cette étude la méthode générale de Chaumont ([1]) donnant l'ellipticité et l'orientation des axes d'une vibration elliptique.

Description de l'appareil. — La source de lumière est un arc à mercure à grand éclat type Cotton ([2]).

Le faisceau monochromatique ($\lambda = 546$) obtenu avec un monochromateur de Bruhat tombe sur un système de lentilles destiné à lui donner les dimensions et l'ouverture convenables, il est réfléchi sous l'incidence désirée par un miroir mobile autour de l'axe horizontal d'un goniomètre, traverse le polariseur à champ normal et tombe sur le liquide étudié; il est ensuite réfléchi dans l'appareil de Chaumont ([3]) disposé pour opérer sous diverses incidences. L'angle maximum fait par les rayons tombant sur le liquide avec l'axe du faisceau est de $8'30''$; un calcul simple montre que l'analyseur donne encore l'ellipticité du rayon moyen, la légère convergence du faisceau introduisant simplement un peu de lumière parasite diminuant la sensibilité.

Convention de signes. — Les axes adoptés sont ceux de la théorie électromagnétique, ils imposent des différences de phase Π et 2Π respectivement pour les incidences 0 et $\Pi/2$.

Sous l'incidence brewstérienne la différence de phase sera $3\Pi/2$, l'ellipse ayant alors un de ses axes horizontal. La réflexion sera dite *positive* (Jamin) si la vibration perpendiculaire au plan d'incidence est *en avance* de $3\Pi/2$ sur l'autre, elle sera négative dans le cas contraire.

Pour avoir des ellipticités mesurables, on est conduit à prendre une vibration initiale faisant un angle θ très grand avec l'horizontale; les expériences ont été faites avec les valeurs de $\theta \pm 88°$ et $\pm 86°$ donnant une intensité réfléchie de $1/10000$ et $1/2500$ respectivement de l'intensité incidente. Avec ses faibles intensités la loi de proportionnalité de la sensibilité à la racine carrée de l'intensité ne s'applique plus, la précision reste bien

(1) CHAUMONT, *Ann. de Phys.*, 4, 1915, p. 61, et 5, 1916, p. 17.

(2) A. COTTON, *J. de Phys.*, 8, 1927, p. 14 S.

(3) J'ai modifié la lunette de l'appareil de Chaumont; il est en effet indispensable d'avoir un oculaire composé d'une lentille divergente donnant l'anneau oculaire désiré et d'une lentille convergente permettant de pointer à l'infini.

meilleure. Je crois pouvoir affirmer que la méthode donne K avec une erreur absolue $dK = \pm 0,00003$.

Étude de l'eau. — Dans une première série d'expériences, la surface est essuyée avec un papier fin suivant la technique indiquée par M. Devaux, chaque valeur de K résulte de 32 pointés effectués pour chacun des azimuts positif et négatif. J'ai obtenu toute une série de valeurs de K comprises entre $+ 0,00041$ et $+ 0,00033$; les nombres les plus élevés étant obtenus avec de l'eau fraîche récemment bouillie, les nombres les plus faibles avec de l'eau ayant séjourné depuis longtemps dans la cuve et ayant été nettoyée un très grand nombre de fois. Les écarts entre les valeurs obtenues étant bien supérieurs à ceux permis par la méthode, j'ai soupçonné un apport de matières étrangères venant de l'émail de la cuve ou du papier servant au nettoyage; j'ai alors utilisé un deuxième dispositif de nettoyage indiqué par Marangoni, permettant d'avoir une surface d'eau constamment renouvelée. L'eau à étudier arrive par la douille d'un entonnoir très bien nettoyé, le remplit et déborde dans un deuxième entonnoir servant à l'évacuation, le courant d'eau est arrêté juste au moment de faire un pointé.

Dans ces conditions, j'obtiens les valeurs suivantes pour K :

$$+ 0,00040_7, \quad + 0,00039_3, \quad + 0,00040_5,$$

valeurs concordantes montrant que la méthode donne bien la précision annoncée et conduisant pour l'eau au nombre

$$K = + 0,00040.$$

L'eau non nettoyée depuis quelques heures donne des nombres très variables presque toujours négatifs, pouvant dépasser $- 0,001$. Les valeurs négatives élevées, trouvées par Jamin, sont donc bien dues à la présence d'impuretés superficielles (ceci est confirmé par des expériences que j'ai faites aussi sur les solutions salines).

OPTIQUE. — *Sur la transparence de la silice fondue pour les radiations ultraviolettes.* Note de M. **Tsukamoto**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'emploi, de plus en plus fréquent, de la silice fondue comme matière transparente pour les radiations de courte longueur d'onde donne de l'intérêt à l'étude des propriétés absorbantes de cette substance. Les indications données à ce sujet par les différents observateurs sont très discordantes.

C'est ainsi que Shenstone [1] donne la silice fondue comme aussi transparente que le quartz cristallisé, mais sans aucune valeur numérique ni limite de transparence; tandis que Pfluger [2] trouve que, sous une épaisseur de 2^{mm}, la silice fondue absorbe 52 pour 100 de la radiation 2400 et ne laisse pratiquement rien passer des radiations au-dessous de 2200. Ces différences peuvent être, pour une grande part, attribuées aux impuretés de certains échantillons.

Je me suis proposé d'étudier de la silice fondue aussi pure que possible, et de déterminer pour cette substance les valeurs numériques de l'absorption.

A cet effet, j'ai fait préparer de la silice fondue en partant de quartz cristallisé parfaitement limpide; la matière obtenue, d'apparence très homogène, mais contenant quelques bulles, a été taillée sous forme d'une lame à faces parallèles, de 10^{mm} d'épaisseur. A travers cette lame, j'ai pu photographier, sans la moindre difficulté, la raie 1862 de l'aluminium, ce qui indique une bonne transparence. Les facteurs de transmission ont été déterminés par la méthode de photométrie photographique que j'ai précédemment décrite [3]. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant. Pour chaque longueur d'onde, indiquée dans la première colonne, on trouve la proportion de rayonnement absorbé (la lumière réfléchie n'étant pas comptée comme lumière absorbée). La troisième colonne donne les valeurs du coefficient d'absorption K défini par l'équation

$$I = I_0 e^{-kx}$$

(I_0 est l'intensité incidente corrigée de la perte par réflexion; I est l'intensité transmise par l'épaisseur x, laquelle est exprimée en centimètres).

Longueur d'onde.	Absorption pour 1^{cm}.	K.
1862	83,6 °/₀	1,81 cm^{-1}
1873	83,5	1,80
1930	82,1	1,72
1979	80,7	1,64
1994	80,0	1,61
2026	76,7	1,46
2034	75,8	1,42
2066	70,4	1,22
2105	59,5	0,90
2126	52,3	0,74
2182	33,0	0,40

(1) W. A. Shenstone, *Nature*, **64**, 1901, p. 65-67.
(2) Pflüger, *Physikalische Zeitschrift*, **84**, 1904, p. 215.
(3) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 221.

On voit que la transparence diminue rapidement pour les longueurs d'onde inférieures à 2100; au-dessous de 1930, la courbe de transparence devient beaucoup moins inclinée et présente une sorte de palier. Si l'absorption continue à varier avec la même allure dans la région de Schumann, il est très possible que cette silice fondue présente encore une transparence appréciable jusqu'à $\lambda = 1500$.

L'absorption de cette lame de silice est beaucoup plus faible que, par exemple, celle trouvée par Pflüger; elle est cependant plus forte que celle du quartz cristallisé. Cette dernière est d'ailleurs assez variable d'un échantillon à un autre [1]; pour les échantillons les plus transparents, on a une absorption d'environ 25 pour 100 pour la radiation 1862 sous une épaisseur de 10^{mm}.

En résumé, l'absorption des radiations ultraviolettes de courte longueur d'onde par la silice fondue paraît assez variable d'un échantillon à un autre, probablement à cause des impuretés; mais, même avec la matière la plus pure que j'aie pu obtenir, cette absorption est plus forte que celle du quartz cristallisé.

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'absorption du brome en solution.* Note de M. **Bovis**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai déterminé quantitativement, par photométrie photographique, les spectres d'absorption de cinq solutions diverses de brome dont les concentrations ne dépassaient pas $0^g,8$ de métalloïde par litre.

Ces solutions de brome s'altèrent généralement très vite. Leur spectre d'absorption se modifie quelquefois d'une manière sensible entre le début et la fin d'une même mesure spectrophotométrique : une solution de brome dans l'alcool éthylique, par exemple, se décolore à vue d'œil; l'eau de brome, étendue, pâlit sensiblement en quelques heures; les solutions dans le chloroforme et le tétrachlorure de carbone se conservent plus longtemps; la solution dans le sulfure de carbone est presque inaltérable.

Cette altération des liqueurs, qui devient plus active sous le rayonnement d'une lampe en quartz à vapeur de mercure, complique les mesures d'absorption dans l'ultraviolet.

Il convient de s'assurer de la pureté des solvants dont quelques-uns pos-

---

[1] Voir à ce sujet ma Thèse de doctorat (Paris, 1927). Un résumé de ce travail sera publié dans la *Revue d'Optique*.

sèdent, dans l'ultraviolet, une absorption propre considérable et parfois mal connue : Liweing et Dewar attribuent, par exemple, au spectre du tétrachlorure de carbone, une large bande s'étendant entre $0^{\mu},304$ et $0^{\mu},328$ avec maximum aux environs de $0^{\mu},318$. En réalité, cette bande caractérise la présence du sulfure de carbone, impureté que l'on rencontre fréquemment dans le tétrachlorure. Effectivement, j'ai constaté que la bande $0^{\mu},318$, très accusée dans le spectre d'un tétrachlorure de carbone commercial, disparaissait lorsqu'on purifiait l'absorbant par distillation fractionnée et reparaissait lorsqu'on incorporait quelques traces de sulfure de carbone au tétrachlorure pur. Ce dernier, sous l'épaisseur de 1mm, présente les densités optiques suivantes :

Longueurs d'onde.	Densités.
μ 0,335	0,25
0,2925	0,38
0,269	0,48
0,2575	1,12
0,248	2,35
0,240	7,7
0,237	10

Je définis la densité optique du brome en solution comme la différence entre la densité de la solution et la densité propre du diluant. Les résultats de mes mesures sont relatifs à des couches absorbantes telles que le brome qu'elles contiennent, supposé réduit à l'état de brome liquide, occuperait une épaisseur de 1 micron.

Il apparaît que les spectres des diverses solutions se composent toujours de deux bandes dont les positions, les largeurs et les intensités maxima figurent dans le tableau suivant :

		Longueur d'onde du maximum d'absorption.	Densité optique maximum.	Largeur de la bande.
Brome + eau	bande violette	μ 0,394	0,30	μ 0,106
	bande ultraviolette	0,258	0,36	0,040
Brome + tétrachlorure de carbone	bande violette	0,415	0,30	0,112
	bande ultraviolette	0,258	2,10	0,035
Brome + chloroforme	bande violette	0,404	0,32	0,110
	bande ultraviolette	0,270	5,6	0,035
Brome + alcool éthylique	bande violette	0,414 (1)	0,30	?
	bande ultraviolette	0,264	13,5	0,035
Brome + sulfure de carbone	bande violette	0,420	0,79	0,093

(1) A peine accusée.

L'absorption ultraviolette de la solution dans le sulfure de carbone n'a pas été étudiée à cause de l'opacité considérable du diluant.

On voit que les largeurs respectives des deux bandes sont sensiblement invariables : $0^{\mu},106$ en moyenne pour la violette, $0^{\mu},036$ pour l'ultraviolette.

Les variations de position ne sont pas très grandes : la bande violette a son maximum aux environs de $0^{\mu},414$, la bande ultraviolette se place vers $0^{\mu},260$.

Il est intéressant de comparer aux chiffres précédents les résultats de mesures analogues sur les spectres d'absorption du brome pur à l'état gazeux (¹) ou liquide (²) :

	Longueur d'onde du maximum d'absorption.	Densité optique maximum.	Largeur de la bande.
	μ		μ
Brome gazeux — bande violette......	0,414	0,316	0,110
Brome liquide — bande violette......	0,417	0,66	0,100

Alors que la bande $0^{\mu},414$ figure dans les spectres d'absorption du brome sous tous les états (gazeux, liquide, solution), la bande ultraviolette $0^{\mu},260$ ne caractérise que le brome en dissolution.

La vapeur de brome est totalement transparente entre $0^{\mu},340$ et $0^{\mu},250$.

Quant au brome liquide, il possède dans l'ultraviolet une région de transparence avec minimum de densité optique pour la radiation $0^{\mu},350$ et j'ai pu m'assurer qu'à partir de cette longueur d'onde, l'opacité croît régulièrement vers l'ultraviolet lointain exploré jusqu'à la radiation $0^{\mu},240$. Voici, pour cette région spectrale, quelques densités optiques relatives à une épaisseur de brome liquide de 1 micron :

Longueurs d'onde.	Densités.
μ	
0,355...........................	0,12
0,348...........................	0,11
0,340...........................	0,125
0,335...........................	0,145
0,330...........................	0,183
0,325...........................	0,245
0,320...........................	0,37
0,315...........................	0,62
0,2967...........................	1,69

(¹) Ribaud, *Annales de Ch. et Ph.*, **12**, 1919, p. 109.
(²) Bovis, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1964.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre continu et spectre de bandes du mercure.* Note de M. **H. Volkringer**, présentée par M. Ch. Fabry.

Des décharges oscillantes passant dans un tube sans électrodes sont susceptibles d'exciter de la vapeur de mercure portée à 240° environ.

La lueur verte obtenue dans ces conditions fournit, au spectroscope, un spectre continu qui s'étend du visible jusqu'à la raie de résonance 2537 Å et, sur lequel se détachent faiblement les raies d'arc.

J'ai eu l'occasion, dans une précédente Communication ([1]), d'étudier la répartition de l'énergie dans la partie visible de ce spectre. En vue de faire une étude analogue pour la partie ultraviolette, j'ai comparé par photométrie photographique le rayonnement émis par le tube à mercure et dispersé au moyen d'un spectrographe en quartz avec un rayonnement supposé connu. J'ai utilisé, à cet effet, une lampe à filament de tungstène (modèle de M. Cotton) avec fenêtre en quartz. Un pyromètre optique et les résultats publiés par Forsythe et Worthing ([2]) m'ont permis de constater que, dans les conditions où je me trouvais, la répartition de l'énergie en fonction de la longueur d'onde était semblable à celle du rayonnement d'un corps noir à 2233°C. On peut la supposer donnée par la formule de Planck.

J'ai pris sur une même plaque et avec le même temps de pose, un spectre de la vapeur de mercure et dix spectres du filament en affaiblissant les intensités dans des rapports connus au moyen de diaphragmes situés à la sortie des prismes. Le calcul des intensités a été fait en utilisant les enregistrements obtenus à l'aide du microphotomètre enregistreur de Chalonge et Lambert ([3]).

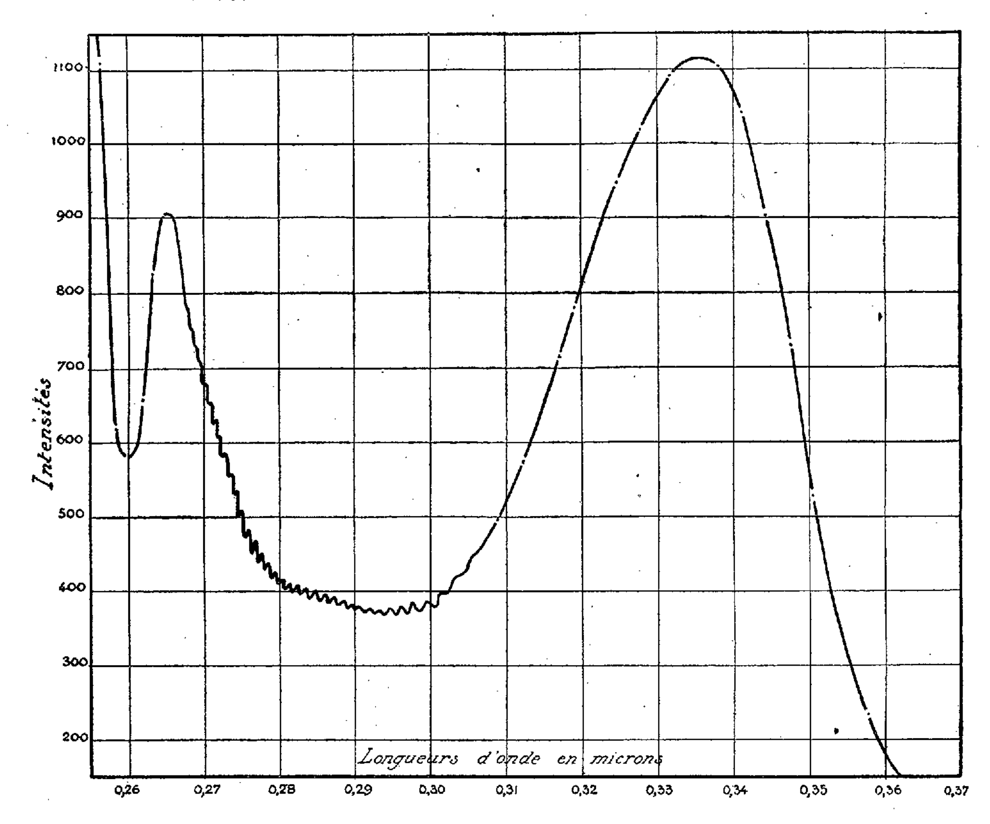
On obtient la courbe ci-contre. Le spectre continu se compose d'abord d'une large bande s'étendant de $\lambda = 0^{\mu},37$ à $\lambda = 0^{\mu},30$ et présentant un maximum pour $\lambda = 0^{\mu},336$. On rencontre ensuite une autre bande plus étroite avec un maximum aigu pour $\lambda = 0^{\mu},265$. Puis l'intensité passe par un minimum pour $\lambda = 0^{\mu},260$ et croît de nouveau jusqu'à $\lambda = 0^{\mu},2537$ où le spectre continu cesse brusquement.

([1]) Volkringer, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 780.

([2]) W.-E. Forsythe et A.-G. Worthing, *Astrophysical Journal*, **61**, 1925, p. 146.

([3]) Chalonge et Lambert, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 924.

J'avais déjà signalé que la longueur d'onde du maximum de la bande visible correspond sensiblement au double de la longueur d'onde de la raie de résonance. On peut constater que la longueur d'onde du maximum de la bande $\lambda = 0^{\mu},336$ est voisine des $\frac{4}{3}$ de cette même longueur d'onde. Autant qu'il est possible de le voir à l'aide de courbes de noircissement, des résultats analogues se présentent pour le cadmium [Kapuscinski (1)] : spectre continu s'arrêtant à la raie de résonance $\lambda = 0^{\mu},2289$ avec un maximum vers $\lambda = 0^{\mu},300$ et un autre vers $\lambda = 0^{\mu},460$; les longueurs d'onde des maxima sont, à très peu près, le double et les $\frac{4}{3}$ de celle de la raie de résonance.



Entre $\lambda = 0^{\mu},305$ et $\lambda = 0^{\mu},265$, j'ai retrouvé le spectre de bandes récemment observé par Lord Rayleigh (2). Ces bandes diffuses semblent liées au

(1) W. Kapuscinski, *Comptes rendus de la Société Polonaise de Physique*, fascicule VIII, 1927, p. 5.

(2) Lord Rayleigh, *Roy. Soc. Proc.*, A, 114, 1927, p. 620.

spectre continu et plus particulièrement à la bande $\lambda = 0^{\mu},336$. J'ai déterminé les longueurs d'onde des maxima de ces bandes en utilisant les enregistrements microphotométriques. Les résultats sont les suivants :

3054	2946	2873	(2802)	2750	2710
3034	2932	2861	2793	2743	2704
3013	(2919)	2848	2783	2736	2698
2994	(2906)	2835	2775	2729	2692
2976	(2896)	2824	2766	2722	2687
2961	2885	2814	2758	2716	2681

Entre $\lambda = 0^{\mu},3650$ et $\lambda = 0^{\mu},4047$ il existe une autre série de bandes dont les longueurs d'onde seront données plus tard.

SPECTROSCOPIE. — *Jonction spectrographique du domaine des rayons* X *à l'ultraviolet à l'aide de réseaux lignés*. Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

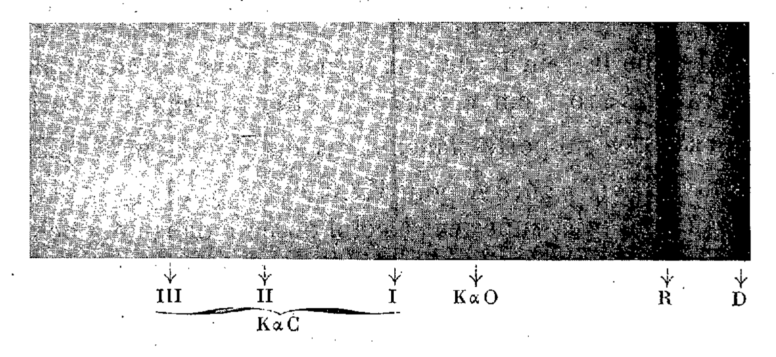
Poursuivant l'application de la méthode nouvelle d'emploi des réseaux sous incidence rasante, qui m'a permis d'obtenir des spectres de rayons X et des spectres d'étincelle d'extrême ultraviolet [1], j'ai fait établir par la maison Beaudouin un spectrographe dans le vide destiné à l'étude des radiations intermédiaires. Cet instrument, entièrement métallique, comprend une enceinte tubulaire de 60^{cm} de longueur, renfermant le dispositif de réglage du réseau et la plaque photographique. La source de rayonnement est ici, non plus une chambre à étincelles condensées, comme dans un précédent modèle, mais un tube à rayons X en métal, à cathode incandescente, anticathode interchangeable à refroidissement par eau, et raccordé par un joint conique à l'enceinte spectrographique. L'étanchéité de l'ensemble est obtenue par des joints rodés et graissés ; une pompe de Holweck évacue simultanément par deux larges canalisations le tube et le spectrographe (pompage : 15 minutes à partir de la pression atmosphérique). Entre l'anticathode et le réseau, deux fentes réglables délimitent le pinceau de radiations utiles, qui n'ont ainsi à traverser, dans leur parcours jusqu'à la plaque, *aucun écran matériel*, dont l'absorption perturberait le faisceau. Le tube est alimenté en tension constante au moyen d'une dynamo de 1000 volts

[1] J. Thibaud, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 55 et 1141 ; *Revue d'Optique*, **5**, 1926, p. 97 ; *Journal de Physique*, **8**, 1927, p. 13.

et peut supporter 200 milliampères. Il est important de remarquer que tous les spectres sont obtenus à basse tension au régime moyen de 950 volts et de 10 à 40 milliampères.

a. Les réseaux plans utilisés sont toujours en verre. Le premier réseau avait 200 traits au millimètre et donnait quatre ordres de la raie K du carbone avec une dispersion, à 40^{cm}, de $12^{mm},6$ au premier ordre et de 19^{mm} au second.

J'emploie maintenant des réseaux mis aimablement à ma disposition par le professeur R.-W. Wood et qui possèdent 1180 traits au millimètre. Leur dispersion très grande, nécessaire à des mesures précises, est, à 40^{cm} du réseau, de 33, 50, 63^{mm} pour les ordres successifs de K du carbone (angle d'incidence sur le réseau $\theta = 0,021$). L'éclat du spectre demeure considérable, et j'utilise uniquement des plaques ordinaires huilées à l'exclusion des plaques Schumann. A 40^{cm} le spectre est photographié en 5 minutes avec 10 watts dans le tube. La transformation de l'énergie cinétique des électrons cathodiques a lieu *avec un rendement remarquable sous ces basses tensions*.



La cathode est soit à pure émission thermoionique (en W, Pt ou Mo), soit recouverte d'oxydes purs ou mélangés à des substances destinées à distiller lentement sur l'anticathode froide qui est généralement en fer.

b. Les spectres, d'une simplicité remarquable, ne présentent pas de raies ultraviolettes et ne montrent pas de fond continu appréciable par rapport aux raies caractéristiques. Celles-ci sont toujours assez fines et nettes comme le montre le cliché qui n'est qu'une médiocre reproduction (raies K du carbone et de l'oxygène). Leurs largeurs sont portées dans le tableau ultérieur. Je me suis attaché à obtenir des mesures de longueur d'ondes avec le plus de précision possible. La constante du réseau (8477 Å)

a été déterminée optiquement à l'aide de la raie 5461 Å de l'arc au mercure. Une cause d'erreur dans l'emploi du réseau tangent fut réduite, en limitant à la surface du réseau, à l'aide de couches de collodion, la partie diffringente à une bande étroite de 1^{mm} de largeur.

L'enregistrement d'un même spectre dans des positions différentes et connues de la plaque déterminait avec précision toutes les constantes linéaires et angulaires, confirmées ensuite par le calcul à partir des positions sur la plaque des ordres successifs d'une même raie. Voici les résultats obtenus par l'étude d'une trentaine de clichés et sur plusieurs ordres de chaque raie; la précision relative est de 1 pour 1000, la précision absolue, compte tenu de toutes les causes d'erreur, de 0,5 pour 100.

Raie.	Longueur d'onde en Å.	Longueur d'onde en volts.	$\frac{\nu}{R}$.	Largeur des raies en mm.	Largeur des raies en Å.
Lα Fer	17,73	696	51,4	0,09	0,12
Kα Oxygène	23,75	520	38,4	0,087	0,14
Kα Carbone	44,80	276	20,3	0,43	0,90
Mα Molybdène	65,0	190	14,0	0,16	0,42

Il est à noter que la raie K de l'oxygène traverse aisément des livrets d'aluminium de 4×10^{-5} cm d'épaisseur. En utilisant des orientations d'acides gras sur des supports plans, Thoraeus (¹) obtenait 17,58 Å pour Lα fer et Dauvillier (²) 24,8 Å pour KαO et 45,5 Å pour KαC en notant un élargissement des raies supérieur à celui observé dans nos clichés.

c. En ajoutant ces résultats à ceux déjà publiés, relatifs aux spectres d'étincelles d'extrême ultraviolet, on peut dire que l'appareil à réseau tangent réalise, pour la première fois, la jonction spectrographique entre les rayons X et ultraviolets à l'aide de réseaux lignés, ainsi que la comparaison directe des longueurs d'onde de ces radiations au mètre étalon.

(¹) Thoraeus, *Phil. Mag.*, 7, 1926, p. 312.
(²) Dauvillier, *Journal de Physique*, 8, 1927, p. 1.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la déformation de la courbe d'ionisation dans l'argon pur par addition d'oxygène.* Note de M. **Mario A. da Silva**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été établi (¹) que la saturation des courants d'ionisation est obtenue dans l'argon parfaitement pur pour des tensions beaucoup plus petites que dans l'air et que les courbes d'ionisation se déforment énormément par la présence d'impuretés même en quantités très faibles.

Ces phénomènes sont probablement liés d'une part à l'existence des électrons libres dans l'argon pur et d'autre part à la formation d'ions complexes, moins mobiles, en présence de gaz ayant une affinité électronique.

Je me suis proposé d'étudier la déformation des courbes d'ionisation dans l'argon pur par des quantités progressivement croissantes d'oxygène, afin d'obtenir quelques renseignements sur l'affinité électronique de ce gaz, suivant une méthode indiquée par M. Laporte (²).

L'argon dont la pureté a été vérifiée par son examen spectroscopique, a été introduit dans la chambre d'ionisation jusqu'à la pression de $737^{mm},9$ de mercure. La masse introduite a été de $2^{g},9102$, le volume de la chambre étant de 1792^{cm^3}.

L'oxygène a été obtenu en décomposant par la chaleur, dans un appareil vide et sec, le MnO^4K cristallisé. Son introduction dans la chambre d'ionisation était faite à l'aide du manomètre représenté dans la figure 1. On aspirait l'oxygène des ballons A et B et on le comprimait dans le tube capillaire C au moyen du mercure qui remplissait le manomètre. La pression de l'oxygène étant ainsi toujours supérieure à la pression de l'argon, on produisait l'entrée de l'oxygène dans la chambre d'ionisation en ouvrant le robinet *a*. On s'arrangeait toujours pour que la pression de l'oxygène dans le tube C restât la même avant et après l'ouverture du robinet *a*. Dans ces conditions la masse d'oxygène qu'on introduisait était proportionnelle au déplacement du mercure dans le tube C :

$$m = \frac{d\pi v(H+\delta)}{760(1+\alpha t)} \times (n - n_1),$$

(¹) Marcel Laporte et Mario A. da Silva, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 287.

(²) Marcel Laporte, Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris, 1927.

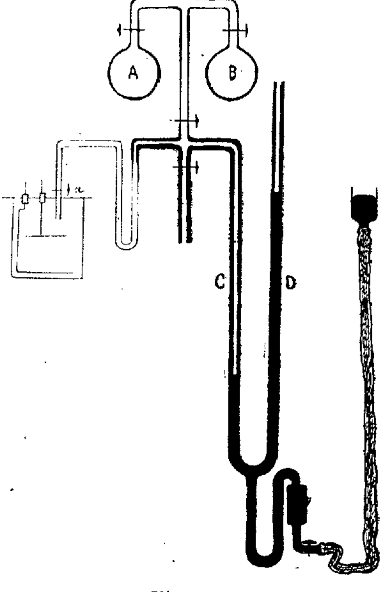


Fig. 1.

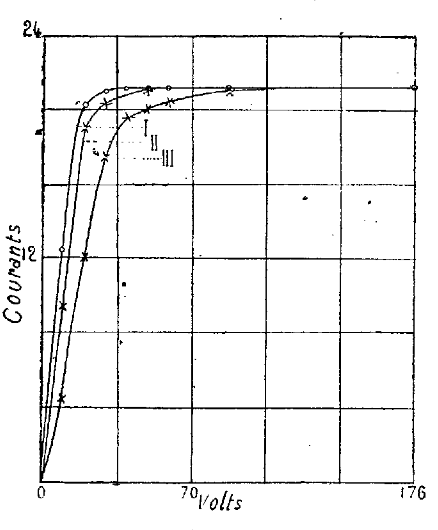


Fig. 2.

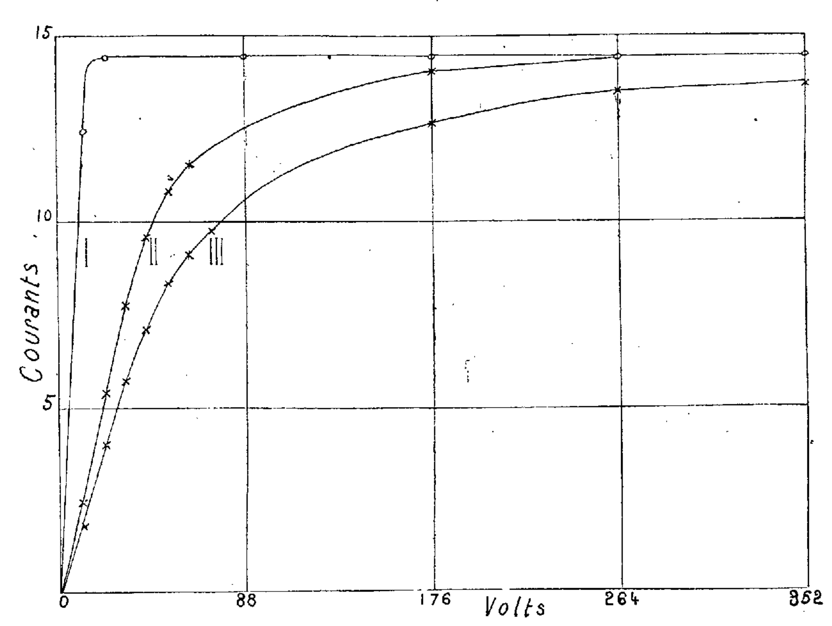


Fig. 3.

d étant la densité de l'oxygène, H la pression atmosphérique, δ la différence de niveau du mercure dans les deux branches du manomètre, *t* la température, $n - n_1$ le déplacement du mercure en C et *v* le volume de chaque division du manomètre.

Les figures 2 et 3 montrent les déformations successives des courbes d'ionisation. Sur la figure 2, la courbe I est relative à l'argon pur et les courbes II et III indiquent les déformations pour des masses d'oxygène sec respectivement égales à $0{,}0008122^g$ et $0{,}007159^g$, c'est-à-dire pour des pourcentages en volume égaux à 0,03 pour 100 et 0,3 pour 100.

Sur la figure 3 la courbe I est relative à l'argon pur et les courbes II et III indiquent les déformations pour 2,4 pour 100 et 4 pour 100 d'oxygène. Cette dernière courbe ne se déforme plus quand on augmente encore la quantité d'oxygène.

Pour toutes ces expériences, l'ionisation était produite entre deux plateaux parallèles distants de 4^{cm}, par une source de polonium recouverte d'une feuille de mica et d'une feuille d'or laissant subsister 3^{cm} de parconrs des rayons α. Il s'agit donc ici d'une ionisation en volume. Des expériences semblables sont en cours avec une couche de gaz ionisé mince, ce qui permettra probablement une interprétation théorique plus simple des résultats.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibre dans une phase gazeuse entre acide et base : produit de volatilité.* Note (¹) de M. **A. Tian**, présentée par M. Jean Perrin.

Mis en présence à l'état de gaz, les acides et les bases s'unissent en donnant des sels; la réaction se fait généralement par simple addition, sans élimination d'eau, les véritables bases du type hydrate, n'étant pratiquement pas volatiles. Cette union peut être considérée comme réversible. La dissociation des sels à constituants volatils est en effet facile à mettre en évidence par élévation de température, et elle est même notable, dès la température ordinaire, si l'un des constituants est peu ionisé en solution.

Il y a donc similitude entre la réaction réversible

$$\text{sel} \rightleftharpoons \text{acide volatil} + \text{base volatile} \tag{1}$$

et la réaction ionique

$$\text{sel} \rightleftharpoons \text{anion} + \text{cation} \tag{2}$$

(¹) Séance du 27 juin 1927.

Or on sait que le mélange de deux solutions salines contenant respectivement les ions d'un sel *s* tend à donner ce sel sous forme de précipité si l'on atteint son *produit de solubilité*. La production de fumées, c'est-à-dire la précipitation d'un sel dans une phase gazeuse, ne serait-elle pas réglée par une loi analogue, la volatilité du sel remplaçant ici la solubilité ?

Si l'on applique la loi de Guldberg et Waage à l'équilibre résultant de la réaction réversible (1) réalisée entre la vapeur du sel et ses constituants volatils (supposés pour simplifier monoacide et monobasique), on aura

$$\frac{[\text{acide}] \times [\text{base}]}{[\text{sel}]} = \text{K}.$$

Lorsque les fumées apparaissent, [sel] devient constante, et l'on a :

$$[\text{acide}] \times [\text{base}] = \text{constante} = \text{P}.$$

Cette valeur fixe P est ce que l'on peut appeler par analogie produit de volatilité du sel. D'où la loi suivante : *La précipitation d'un sel sous forme de fumées ne se produit que si, par le mélange de ses constituants volatils, on atteint le produit de volatilité du sel.*

Vérification expérimentale. — On peut utiliser comme vérification quelques résultats expérimentaux relatifs à des dissociations salines (par exemple les expériences d'Isambert sur AmSH). Il m'a paru intéressant de tenter une vérification *directe* en mélangeant les constituants gazeux du sel, convenablement dilués et en proportions telles que les fumées commencent juste à apparaître. Pour que la masse du sel précipité soit négligeable vis-à-vis de celles des deux constituants, on ne peut opérer sur des gaz très dilués. Il faut donc utiliser des sels d'acide faible et de base faible pour lesquels le produit de volatilité est assez grand. Aussi les essais suivants portent-ils sur l'acide acétique et la pyridine.

Les expériences, très simples en principe, comportent une difficulté. Les deux gaz antagonistes mis en contact ne se mélangent pas instantanément pour donner une phase homogène. On obtient nécessairement une série de mélanges de composition variable et, pour certains d'entre eux, le produit [acide] × [base] peut atteindre le produit de volatilité, alors même que les proportions globales seraient telles que, pour le mélange final supposé homogène, le produit ci-dessus serait inférieur à P. Des fumées locales tendront ainsi à naître, il est vrai en déséquilibre avec la phase gazeuse, mais leur disparition exigerait un temps assez long, incompatible avec leur maintien en suspension dans le gaz.

J'ai évité cette précipitation prématurée en élevant la température des gaz réagissants, ce qui augmente la valeur de P, puis en refroidissant le mélange devenu homogène. Toutefois du sel déposé sur les parois refroidissantes et une correction est nécessaire (¹).

Les fumées vivement éclairées étaient examinées sur un fond parfaitement noir. Les courants des gaz antagonistes (débits D_a et D_b) sont obtenus en saturant de l'air à 19° par de l'acide acétique et de la pyridine. Un troisième courant d'air est, dans certaines expériences, réuni aux deux premiers pour les diluer. Le débit total étant D, les concentrations de l'acide et de la base dans le mélange peuvent être représentées par $\frac{D_a}{D}$ et $\frac{D_b}{D}$ et, s'il n'y avait pas de correction, le produit de volatilité serait exprimé par $\frac{D_a \times D_b}{D^2}$.

Le tableau suivant résume les résultats de 65 expériences groupées par ordre de débit D croissant; pour chaque groupe sont indiquées les limites de variation des concentrations $\frac{D_a}{D}$ et $\frac{D_b}{D}$, les valeurs moyennes de la fraction ci-dessus (P apparent) et les valeurs de P corrigé.

Nombre d'expériences.	Débit total D (en litres par heure).	Variations des concentrations. $\frac{D_a}{D}$.	$\frac{D_b}{D}$.	Valeurs moyennes de P apparent.	corrigé.
6.....	2 à 3	de 0,28 à 0,63	de 0,37 à 0,72	0,233	0,087
2.....	3 à 4	0,44 et 0,53	0,37 et 0,56	0,248	0,132
8.....	4 à 5	de 0,39 à 0,82	de 0,18 à 0,71	0,191	0,110
6.....	5 à 6	de 0,20 à 0,81	de 0,19 à 0,80	0,181	0,108
4.....	6 à 7	de 0,48 à 0,79	de 0,21 à 0,27	0,169	0,086
2.....	7 à 8	0,38 et 0,42	0,35 et 0,41	0,152	0,113
9.....	8 à 9	de 0,35 à 0,56	de 0,20 à 0,35	0,129	0,096
10.....	9 à 10	de 0,29 à 0,45	de 0,20 à 0,44	0,123	0,093
7.....	10 à 11	de 0,21 à 0,45	de 0,24 à 0,47	0,113	0,090
4.....	11 à 12	de 0,28 à 0,42	de 0,25 à 0,46	0,115	0,099
2.....	12 à 13	0,29 et 0,32	0,34 à 0,37	0,109	0,090
5.....	13 à 14	de 0,31 à 0,37	de 0,33 à 0,39	0,115	0,101
				Moyenne de 65 expériences :	0,103

Les expériences faites sur de petits débits sont assez irrégulières, les corrections sont très importantes et les valeurs du produit de volatilité mal déterminées. Les nombres obtenus ensuite présentent une constance qui, étant donnée la faible précision des mesures, peut être considérée comme suffisante pour vérifier la loi énoncée plus haut.

(¹) Un exposé plus complet paraîtra ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de l'oxyde de cacodyle.* Note de MM. **Amand Valeur** et **Paul Gailliot**, présentée par M. Charles Moureu.

On sait avec quelle énergie s'oxyde à l'air, en s'enflammant, la *liqueur arsenicale fumante de Cadet.* En réglant convenablement l'accès de l'air et en opérant en présence d'une petite quantité d'eau, on peut néanmoins, réaliser une oxydation modérée, qui transforme le cacodyle en acide cacodylique. On obtient dans ces conditions un magma cristallin, considéré depuis Bunsen (¹) comme le cacodylate de cacodyle.

M. Guinot (²) a récemment réalisé une oxydation plus complète encore et montré qu'on peut, en se plaçant dans des conditions déterminées, convertir par oxydation au moyen de l'air, la quasi-totalité de l'huile de Cadet en acide cacodylique.

Désireux de reprendre l'étude de cette question, nous avons préféré opérer sur un des corps définis présents dans la liqueur de Cadet, l'oxyde de cacodyle. Nous l'avons préparé par l'action du carbonate de sodium sur le chlorure de cacodyle. Nous avons ainsi obtenu un oxyde de cacodyle bouillant à 149°-151° et de densité D = 1,486 à 15°, alors qu'on lui attribuait dans tous les ouvrages un point d'ébullition de 121° et une densité D = 1,464 à 15°. Cet oxyde ne fume pas à l'air, mais est néanmoins très sensible à son action.

Si l'on fait passer, à la température du laboratoire, un courant lent d'oxygène, dans l'oxyde de cacodyle placé sous une couche d'eau, on constate que l'oxygène s'absorbe, en même temps que diminue le volume de l'oxyde de cacodyle. Quand ce volume a été réduit de 50 pour 100 environ, l'absorption de l'oxygène se ralentit. On arrête alors l'opération, on détermine la nature des produits formés et la quantité d'oxygène absorbée. On caractérise ainsi, par des méthodes dont le détail sera publié dans un autre recueil, outre l'oxyde de cacodyle non transformé, les produits suivants : acide cacodylique, triméthylarsine, oxyde de monométhylarsine, acide arsénieux (accompagnés d'une très faible quantité d'oxyde de triméthylarsine et d'acide méthylarsinique).

(¹) Bunsen, *Liebigs Annal.*, 42, 1842, p. 15.
(²) Guinot, *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7ᵉ série, 27, 1923, p. 55.

Au point de vue quantitatif, on constate que l'oxydation en acide cacodylique intéresse un peu moins de 50 pour 100 de l'oxyde transformé et correspond exactement à la quantité d'oxygène absorbée. Le reste de l'oxyde de cacodyle s'est donc converti pour la plus grande partie en $(CH^3)^3As$, CH^3AsO et As^2O^3 sans intervention de l'oxygène.

On peut résumer ces résultats dans les équations suivantes :

1° Réaction avec oxydation :

(1) $$[(CH^3)^2As]^2O + 2O + H^2O = 2(CH^3)^2AsO\,OH;$$

2° Réactions sans intervention de l'oxygène :

(2) $$[(CH^3)^2As]^2O = (CH^3)^3As + CH^3AsO,$$

(3) $$3CH^3AsO = (CH^3)^3As + As^2O^3,$$

(4) $$4CH^3AsO = [(CH^3)^2As]^2O + As^2O^3.$$

La réaction (4), que nous avons pu constater dans le cas de l'oxydation de CH^3AsO par l'eau oxygénée, ne prend qu'une faible part dans le bilan de ces transformations. Les réactions (1), (2) et (3) sont les plus importantes.

On rencontre également ces réactions parasites, quand on réalise l'oxydation de l'oxyde de cacodyle par des agents autres que l'air ou l'oxygène, mais leur importance varie suivant les cas.

Extrêmement réduites, quand l'oxydation est pratiquée par HgO ou H^2O^2 en liqueur acide, elles sont, au contraire, notables dans le cas où l'oxydation est réalisée par H^2O^2 en milieu alcalin.

Nous pensons que la décomposition, à la température ordinaire, de l'oxyde de cacodyle en triméthylarsine, oxyde de méthylarsine et acide arsénieux, tient son origine d'une action catalytique de l'oxygène, ou plus exactement d'un peroxyde.

Il n'y a pas lieu d'être surpris d'observer l'action catalytique d'un peroxyde, puisque MM. Moureu et Dufraisse ont démontré, au cours de leurs beaux travaux sur l'autoxydation, que cette catégorie de corps pouvait être douée d'une activité catalytique parfois considérable (polymérisation, par exemple).

Ces transformations de l'oxyde de cacodyle constituent un nouveau genre de catalyse due à un peroxyde : synthèse et rétrogradation simultanées.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du plomb à l'état de cyanure.* Note de Mlle **Shioldvor Grundt**, présentée par M. G. Urbain.

MM. W. Herz et E. Neukirch(1) ont proposé de doser le plomb sous forme de cyanure, en précipitant la solution plombique neutre par un excès de cyanure alcalin. Le poids du précipité filtré, lavé à l'eau froide, séché à 95°, concorde bien, d'après les résultats fournis par les auteurs, avec la formule du cyanure $(CN)^2Pb$.

Ce résultat nous a paru tout à fait invraisemblable, attendu qu'on n'a jamais obtenu jusqu'ici le cyanure de plomb pur, et que, dans les conditions de précipitation indiquées, il peut tout au plus se former un oxycyanure. En effet, Erlenmeyer, Kugler, et en dernier lieu Joannis ont obtenu ainsi des oxycyanures dont la teneur en CN oscillait de 5,2 à 7,25 pour 100 au lieu de 20 pour 100 qu'exige le cyanure pur; en outre, ces résultats n'étaient obtenus qu'en évitant soigneusement l'action du CO^2 de l'air sur le précipité, ce qui n'a pas lieu en effectuant le dosage d'après MM. Herz et Neukirch.

En répétant les expériences de ces auteurs, en faisant largement varier la dilution et la quantité de cyanure alcalin, nous avons pu constater que le poids du précipité, séché à 95°-100°, oscillait entre des limites assez étroites, de +1 à —1 pour 100 de la quantité calculée pour $(CN)^2Pb$. La solution filtrée ne contient pas de plomb, et c'est seulement dans le cas où l'on introduit un très grand excès de cyanure alcalin que ce métal apparaît dans le filtrat.

Mais ces résultats ne prouvent aucunement que l'on ait affaire au cyanure de plomb : en effet l'analyse des précipités montre qu'ils sont formés par de l'hydrocarbonate presque pur. La moyenne de 3 analyses a donné : Pb 79 pour 100, CN 0,15 pour 100 et CO^2 6,6 pour 100. En outre nous avons constaté, par chauffage dans un tube à essais, que le produit séché à 95° contenait encore de l'eau en proportion notable.

En résumé, le soi-disant cyanure de plomb de MM. Herz et Neukirch n'est autre que de la céruse contenant une petite quantite de cyanure et c'est par un pur hasard que le poids de ce mélange correspond à celui du cyanure. Le pourcentage de Pb est en effet rigoureusement le même dans le sel $(CN)^2Pb$ et $(CO^3Pb)^2$. PbO, H^2O, soit 79,8.

---

(1) W. Herz et E. Neukirch, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 130, 1923, p. 343.

Dans les conditions où s'effectue ce dosage, il y a donc précipitation d'un mélange d'oxycyanure et d'hydrate de plomb; ce dernier se carbonate à l'air pendant les lavages et la dessiccation, en donnant naissance au mélange analysé plus haut.

Nous avons fait quelques essais pour obtenir le vrai $(CN)^2Pb$.

En opérant en solution alcoolique pour éviter l'hydrolyse nous n'avons pas pu obtenir de précipités contenant plus de 3,34 de CN; mais en faisant réagir CNH anhydre sur l'oxyde de plomb hydraté $3PbO, H^2O$ les résultats ont été meilleurs. L'oxyde, placé dans une nacelle, était chauffé à 100° dans un courant de CNH, et ce dernier était maintenu anhydre en passant sur Cl^2Ca à froid. Après avoir maintenu ces produits en contact dans ces conditions pendant 6 ou 7 heures, on a analysé le contenu de la nacelle, qui avait pris une teinte légèrement brune par suite de la formation de produits de condensation du CNH.

Le dosage de CN, effectué par titrimétrie avec NO^3Ag, a donné 8,97 pour 100. $(CN)^2Pb$ exige 20 pour 100 et $(CN)^2Pb, PbO$ exige 10,8 pour 100. Il n'est guère probable que par cette méthode on arrive à fixer une quantité de CN supérieure à cette formule.

GÉOLOGIE. — *Sur les terres rouges et les phénomènes d'altération des roches en Indochine française.* Note [1] de M. **F. Blondel**, transmise par M. Pierre Termier.

L'étude des phénomènes d'altération des roches est à peine ébauchée en Indochine. Cependant les premiers renseignements recueillis paraissent pouvoir se résumer comme il suit :

1° Il semble qu'il existe en Indochine deux grands types d'altération autres que les types normaux des pays tempérés; ce sont, en leur conservant leur appellation locale, pour éviter une précision prématurée, le type « terre rouge » et le type « bienhoa » (Bienhoa est une localité située à environ 30^{km} au nord de Saïgon).

En l'absence d'analyses chimiques suffisamment nombreuses il n'est pas possible de dire avec certitude si ces altérations rentrent strictement dans le type « latérite « tel qu'il a été défini d'une manière si complète par M. A. Lacroix; il paraît bien cependant que ces altérations correspondent à une concentration de l'alumine et de l'oxyde de fer.

---

(1) Séance du 20 juin 1927.

2° L'altération en « terre rouge » consiste dans la formation sur place d'une terre qui frappe par sa couleur rouge plus ou moins foncée. Il semble, à une exception près que je vais signaler, que ce type ne se rencontre que sur les roches volcaniques et non sur les roches franchement holocristallines et leurs affleurements, les basaltes sont souvent presque entièrement décomposés en terre rouge; les rhyolites également et ces terres rouges couvrent d'énormes superficies en particulier dans le sud-est de l'Indochine.

Le granite ne donne généralement pas ce type d'altération; dans presque tous les cas, les granites d'Indochine se désagrègent en boules, l'arène provenant de la désagrégation pouvant être d'ailleurs parfois rubéfiée. Il existe cependant à ma connaissance une exception au moins apparente à cette règle dans la région comprise entre Djiring et Phantiet où l'on trouve des boules de granite dans une terre rouge qui paraît bien entrer dans la catégorie étudiée ici.

Ces terres rouges sont formées d'éléments très fins (argile des agronomes) pour une part très importante qui peut atteindre 70 pour 100. Des recherches sont poursuivies pour étudier la nature des divers éléments de ces terres et leur évolution à partir de la roche originelle. On sait dès maintenant que les terres rouges de basalte sont souvent riches à la surface en acide phosphorique (quelquefois 0,6 pour 100) auquel on attribue généralement la fertilité exceptionnelle dont font preuve beaucoup de ces terres. Il y aurait néanmoins probablement lieu de faire des distinctions, à ce sujet, entre les différentes régions d'Indochine.

Les terres rouges basaltiques sont distribuées d'une manière en apparence irrégulière; mais il est facile de reconstituer par la pensée les plateaux basaltiques dont elles proviennent. Ceux-ci ont été découpés après altération par l'érosion qui a produit dans des terrains aussi peu résistants une topographie assez spéciale. De telles étendues de terre rouge peuvent se terminer d'une manière assez nette, en une sorte de falaise qui montre quelquefois le substratum lorsqu'une telle coupure est due à l'érosion. Dans d'autres cas, au contraire, sur les pentes faibles, on rencontre généralement à la limite des terres rouges une zone de bienhoa pisolithique, autre forme d'altération du basalte qui est indiquée ci-après.

3° L'altération en « bienhoa » donne une concrétion dure ou qui durcit à l'air et qui paraît au premier abord constituée par du sable ou de l'argile aggloméré par de l'oxyde de fer. Ce type d'altération présente un

grand nombre de variétés dont la description appelle une étude détaillée.

Dès maintenant on peut distinguer deux variétés principales. Un premier type de forme absolument irrégulière paraît n'exister qu'en relation avec des alluvions sableuses ou des grès. M. A. Lacroix m'a fait remarquer l'analogie de cette formation avec la cuirasse de Guinée. Il m'a fait également noter que dans presque tous les points où nous l'avons vue, cette formation est recouverte par une alluvion récente. Ce bienhoa, désigné aussi en Indochine sous le nom de latérite, a été fréquemment utilisé pour les constructions, en particulier dans les temples d'Angkor.

Un autre type, pisolithique, probablement beaucoup plus riche en fer et en manganèse n'a été observé jusqu'ici qu'en relation avec le basalte. C'est ce type qui se trouve à la limite des terres rouges. Il donne par désagrégation une terre noire qui, dans certaines conditions, paraît être particulièrement fertile.

Les gisements de ces différentes modalités de la terre rouge tendraient à faire penser que la production du bienhoa exige des conditions temporairement marécageuses, tandis que la terre rouge au contraire ne se formerait qu'au-dessus du niveau hydrostatique.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la flore houillère du bassin d'Albi.* Note de M. **A. Loubière**, présentée par M. Costantin.

Le bassin houiller d'Albi, distinct et indépendant de celui de Carmaux, dont il est séparé au nord par une dorsale amphibolitique, occupe un étroit synclinal enclavé au milieu de roches cristallophylliennes et recouvert par les marnes panachées de l'Éocène supérieur.

Bien que son exploitation date d'une quarantaine d'années, il n'avait été l'objet, jusqu'à ce jour, d'aucune exploration paléophytologique; aussi son âge était-il resté incertain. L'unique renseignement relatif à sa flore fossile, dont j'ai connaissance, consiste dans la mention, faite par Bergeron (¹), d'un seul type spécifique : l'*Alethopteris Grandini* rencontré dans le sondage de Cagnac. Depuis la base jusqu'au sommet, cette formation carbonifère comprend successivement les veines Marguerite, Grande Couche, Marmottan et Henriette. Au toit des trois premières, j'ai pu recueillir sur place une

(¹) Bergeron, *Étude géologique du massif ancien situé au sud du Plateau Central*, Paris, 1888, p. 178-192.

série de plantes fossiles intéressantes pour la détermination du niveau. Quant à la veine Henriette, elle ne m'a fourni malheureusement aucune empreinte, les schistes qui en constituent le toit étant très friables.

Mes recherches sur le terrain ont été rendues plus faciles par le concours précieux des directeurs et ingénieurs à qui j'adresse ici tous mes remercîments.

Voici les espèces que j'ai reconnues, en donnant pour chacune d'elles l'indication de la provenance ([1]).

LYCOPODIACÉES. — *Sigillaria Brardi* Bgt. se présente sous plusieurs de ses nombreuses formes : *typica*, *sublævis*, *Germari-varians*, *Wettinis*, etc., distinguées par Weiss (GC); *Sig. elongata* Bgt. (M).

SPHÉNOPHYLLÉES. — *Sphenophyllum emarginatum* Bgt. (M; m); *Sphen. majus* Bronn. (M; m).

EQUISÉTACÉES. — *Calamites Suckowi* Bgt. (M); *C. Cisti* Bgt. (m); *Equisitites* sp., (m); *Calamocladus frondosus* Gr. (GC); *Annularia stellata* Schl. (M; GC; m); *Ann. sphenophylloides* Zenk. (M; GC; m); *Palæostachya pedonculata* Will. (m).

SCHIZÉACÉES. — *Senftenbergia pennæformis* (Bgt.) (= *S. elegans* Corda (M; GC).

MARATTIACÉES. — *Asterotheca arborescens* Bgt. (M; GC; m); *A. crenulata* Bgt. (M); *A. Miltoni* Art. (M; GC); *A. Candollei* Bgt. (M; m); *A. oreopteridia* Schl. (M; GC; m); *Renaultia chærophylloides* Bgt. (M; GC; m); *R. gracilis* Bgt. (M; m); *Discopteris cristata* Bgt. (m); *Ptychocarpus unita* Bgt. (M; GC; m); *Scolecopteris polymorpha* Bgt. (M; GC; m).

PÉCOPTÉRIDÉES. — *Callipteridium pteridium* Schl. (GC; m); *Pecopteris marginata* Bgt. (M); *P. feminæformis* Schl. (m); *P. Cisti* Bgt. (M); *P. Bucklandi* Bgt. (GC; m).

SPHÉNOPTÉRIDÉES. — *Eremopteris* aff. *artemisiæfolioides* Crép. (M); *Sphenopteris obtusiloba* Bgt. (M; GC).

PTÉRIDOSPERMÉES. — *Dicksonoiites Pluckeneti* Schl. (m); *Alethopteris Grandini* Bgt. avec *Pachytesta gigantea* dépendant (M; CG); *Aleth. aquilina* Schl. (GC); *Odontopteris Reichiana* Gutb. (m); *Nevropteris flexuosa* Sternb. (M); *N. heterophylla* Bgt. (M; GC; m).

CORDAITÉES. — *Cordaites borassifolius* Sternb. (GC); *C. principalis* Germ. (M; GC; m); *Poacordaites* (m); *Cordaicarpus Cordai* Gein. (m).

Le fond de cette flore, on le voit, présente une remarquable association de formes caractéristiques du Stéphanien et du Westphalien, marquant le passage de l'un à l'autre de ces deux étages. D'une part, elle renferme notamment *Pecopteris feminæformis*, *Asterotheca Candollei*, *Callipteridium pteridium*, *Odontopteris Reichiana*, mais avec une extrême rareté, *Ptycho-*

([1]) Les veines houillères sont désignées par leurs initiales : M, Marguerite; G. C., Grande Couche; *m*, Marmottan.

carpus unita, *Discopteris cristata*, *Dicksonoiites Pluckeneti*, assez communs, auxquels s'ajoutent en plus ou moins grande abondance *Asterotheca arborescens*, *Renaultia chærophylloides*, *Pecopteris Cisti*, *P. marginata*, qui annoncent déjà le voisinage des couches les plus profondes du Stéphanien. D'autre part, elle possède, comme appartenant en propre au Westphalien, *Asterotheca Miltoni*, *Sphenopteris obtusiloba*, *Sphenophyllum emarginatum*, *Sphen. majus*, *Sigillaria elongata*, relativement communs, auxquels se joignent certains types spécifiques, tels que *Senftenbergia pennæformis*, *Eremopteris* aff. *artemisiæfolioides*, *Palæostachya pedonculata*, *Asterotheca crenulata*, *Renaultia gracilis*, qui ne paraissent pas atteindre le Stéphanien, même aux horizons les moins élevés, et dont la présence dénote, par conséquent, un niveau nettement inférieur à celui de l'extrême base de ce terrain. Enfin, il importe de souligner l'abondance des *Scolecopteris polymorpha*, *Asterotheca oreopteridia* et *Annularia sphenophylloides* qui caractérise particulièrement les *Upper Coal Measures*.

Il s'agit là d'une flore intermédiaire entre les flores stéphanienne et westphalienne. Elle ne saurait être rigoureusement assimilée à aucune des zones paléobotaniques reconnues par Grand'Eury dans son système stéphanois, dans lequel il a rangé, comme on sait, tous les autres bassins du Midi.

Cette flore de passage représente donc un niveau qui, jusqu'ici, semblait faire défaut en France. En effet, d'après les caractères tirés de l'examen de ce mélange de fossiles végétaux, où prédominent les Marattiacées, on est amené à classer, dans la série anthracolithique, les assises houillères d'Albi entre le Westphalien et le Stéphanien, c'est-à-dire sur le même plan que certaines formations carbonifères observées sur d'autres points, telles, par exemple, les couches de Radstock en Angleterre et les couches de l'Alemtejo en Portugal.

BOTANIQUE. — *Quelques remarques sur les élaïoplastes des Hépatiques.* Note de Mlle **H. Popovici**, présentée par M. Molliard.

On a donné le nom d'élaïoplastes, à des formations d'aspect plus ou moins variable et dont la signification et la nature chimique sont discutées depuis fort longtemps. On trouvera l'historique de cette question dans le travail récent de P. Dombray [1], qui arrive à la conclusion que les élaïoplastes sont dépourvus de tout stroma et de toute membrane et qu'ils représentent, simplement, des vacuoles à essences et à tannoïdes.

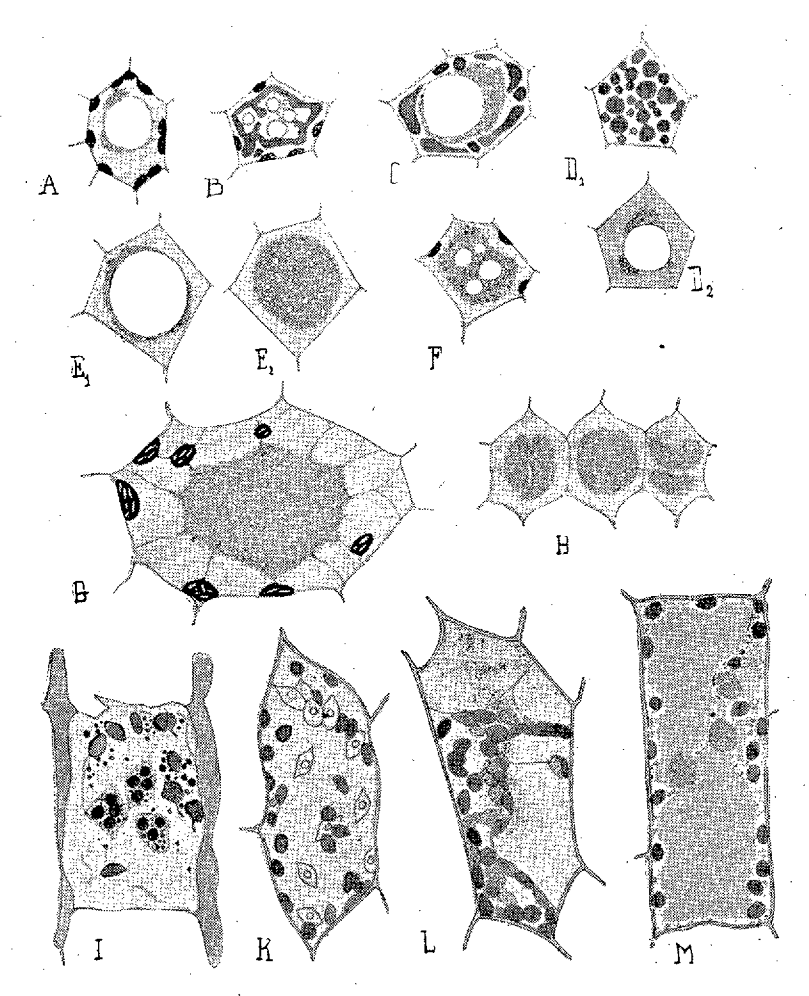
[1] P. Dombray, *Thèse de doctorat ès sciences*. Sorbonne, 1926.

Les recherches que nous poursuivons depuis trois ans sur le processus cytologique de la formation des essences nous ont amené à conclure que celles-ci sont toujours localisées dans le cytoplasme, sauf dans les laticifères où elles constituent le contenu de la vacuole : le latex. L'affirmation de Dombray nous faisait voir dans les cellules à élaïoplastes des Hépatiques, une transition entre les cellules ordinaires et les laticifères. Nos observations nous ont montré qu'il n'en était rien. Les pédicelles des sporanges de *Pellia* sont un excellent matériel d'étude grâce à la minceur des membranes cellulaires. Les colorations vitales montrent dans ces cellules une grosse vacuole nettement colorée, au-dessus de laquelle apparaissent les chloroplastes et les élaïoplastes situés dans la couche cytoplasmique qui tapisse la membrane (*fig.* M). Les élaïoplastes ne se colorent pas vitalement : quand une coloration a lieu, elle est toujours postvitale. *Les corps oléiformes ne sont donc pas des vacuoles.* Quant à la localisation des élaïoplastes, elle est nettement cytoplasmique.

En effet, l'examen vital prolongé, l'emploi des fixateurs (*fig.* I) et des réactifs avec ou sans alcool [soudan III, nadi, formol (*fig.* K), perchlorure de fer, etc.], font apparaître autour des élaïoplastes une sorte de membrane qui n'est autre chose que le cytoplasme coagulé, dans lequel ils se trouvent et qui est très souvent réduit à une couche extrêmement mince. Cette localisation nous est apparue comme indubitable à la suite d'une plasmolyse par une solution à 20 pour 100 de $NaCl$, d'une cellule de *Pellia* (*fig.* L). Les cellules des paniers à propagules de *Lunularia* contiennent en général un seul corps oléiforme très gros. Très souvent, sur le vivant et sans aucune coloration, nous avons pu voir de très fins trabécules cytosplasmiques reliant au cytoplasme pariétal la mince couche de cytoplasme qui entoure l'élaïoplaste (*fig.* G). Les propagules de *Lunularia* sont encore plus intéressantes à ce point de vue. Les colorations vitales sont facilitées par la petitesse des objets. L'aspect des corps oléiformes, ici, varie selon les cellules (*fig.* A, B, C, D_2, E_1, E_2). Parfois le centre du corps est occupé par un gros globule entouré par de tout petits. Le gros globule semble disparaître et dans certaines cellules il n'en reste plus trace. La saponification nous a montré qu'une différence de constitution accompagne la différence de taille de ces globules : un sphérocristal de savon remplace le gros, tandis que les petits ne sont pas saponifiés. Les colorations vitales nous révèlent le vacuome, qui, dans ces cellules à élaïoplastes, est toujours plus dense que dans les autres.

Très fréquemment celui-ci est sous forme de réseau dans les mailles duquel se trouve l'élaïoplaste incolore (*fig.* B). Dans d'autres cas, le

vacuome est sous forme de petites vacuoles rondes; en faisant varier le point on voit apparaître l'élaïoplaste sur un plan différent (*fig.* D_1-D_2).



L'examen extrêmement démonstratif de ces cellules nous prouve d'une manière indubitable que non seulement les élaïoplastes ne représentent pas des vacuoles, comme le prétend Dombray, mais encore *que ce ne sont pas non plus des inclusions vacuolaires* (1). Quant à la nature chimique de ces corps, nos essais de solubilité et de saponification nous ont démontré que,

(1) Au moment où nous terminons la rédaction de ce travail, nous prenons connaissance d'une Note de P. Gavaudan, qui arrive aux mêmes conclusions que nous (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1473).

à l'exception des gros globules de *Lunularia*, les élaïoplastes ne sont pas des formations graisseuses. D'autre part, les réactions des tannins ne sont pas toujours positives. Très souvent nous avons eu l'impression qu'à la suite de l'emploi du réactif il se produit une imprégnation, par les composés phénoliques vacuolaires, des diverses inclusions cytoplasmiques, entre autres des élaïoplastes et du noyau.

BOTANIQUE. — *Sur l'apparition et la localisation de la nicotine dans la plantule de tabac.* Note de M. J. **Chaze**, présentée par M. Molliard.

La nicotine a été localisée dans le tabac, *Nicotiana tabacum*, *N. macrophylla* par Errera et ses élèves Clautriau et Maistriau et par Molle; mais ces auteurs n'ont pas fait connaître à quel stade, dans le développement de la plante, cet alcaloïde apparaît pour la première fois ([1]).

En outre, on ignore le processus cytologique de la formation des alcaloïdes en général.

Nous avons repris cette étude sur la variété *Paraguay* de *N. tabacum*.

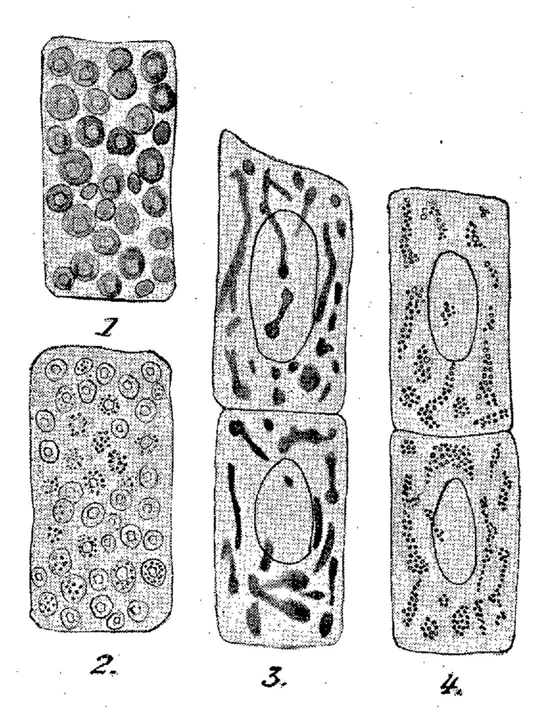
1° *Apparition de la nicotine dans les plantules.* — Dans la graine à l'état de vie ralentie, il a été impossible de déceler, au moyen des méthodes cytologiques et microchimiques qui vont être indiquées, les moindres traces de nicotine. Par contre, cet alcaloïde apparaît dans la plantule dès les tout premiers stades de la germination.

Dans les plantules, de 1^{mm} de longueur, on observe dans les cellules un grand nombre de globules graisseux et des corpuscules de même grosseur et qui correspondent aux grains d'aleurone, si l'on colore de telles plantules au rouge neutre, on voit (*fig.* 1) ces grains fortement colorés en rouge, ils renferment encore un corps réfringent qui représente le cristalloïde de protéine; dans les plantules un peu plus âgées et après coloration au rouge neutre, on voit des précipités d'un rouge plus foncé, animés de mouvements browniens et qui résultent de la précipitation de la substance protéique des grains d'aleurone. En faisant passer le réactif de Bouchardat

$$(I = 1^{g}, \quad IK = 3^{g}, \quad H^2O = 100^{g})$$

([1]) Les dosages faits par Stoquer et Dubrisay (Communication verbale) ont donné les résultats suivants : dans les plantes de 35 jours, présence de nicotine, mais en quantité insuffisante pour être dosée; dans les plantes de 44 jours, $0^{g},064$ de nicotine pour 100^{g} de plantes fraîches.

dans la préparation, tantôt l'on n'obtient pas des précipités de la nicotine, tantôt, par contre, la réaction est positive; on voit à l'intérieur du résidu liquéfié des grains d'aleurone renfermant ou non leur cristalloïde de protéine, des précipités brun kermès caractéristiques de la présence d'alcaloïdes (*fig.* 2). Ce résultat a été contrôlé, comme tous ceux qui seront annoncés plus loin, au moyen de l'alcool tartrique d'Errera.



Dans une plantule plus âgée, environ 5^{mm} de longueur, les vacuoles dérivant des grains d'aleurone prennent une forme filamenteuse et ont une tendance à constituer un réseau semblable à l'appareil réticulaire de Golgi (*fig.* 3). En faisant passer un peu de réactif de Bouchardat dans une telle préparation, on voit la coloration brun kermès se superposer à la teinte rouge des vacuoles, obtenue à l'aide du rouge neutre. La réaction étant faite sur des plantes de même âge, mais non antérieurement colorées au rouge neutre, provoque des précipités de nicotine groupés en amas ayant les mêmes formes que les vacuoles filamenteuses (*fig.* 4).

Dans les phases suivantes, les vacuoles filamenteuses se gonflent et se fusionnent en une grosse vacuole, où il est facile de mettre la nicotine en évidence. Dans les poils pluri-cellulaires épidermiques où la réaction est

particulièrement nette, on voit, dans les cellules basales, les précipités de nicotine appliqués contre les trabécules protoplasmiques. La nicotine est donc bien située ici, comme dans les cas précédents, à l'intérieur des vacuoles.

L'examen doit être rapide, car le réactif tue les cellules et les précipités de nicotine ne tardent pas à se répandre dans le cytoplasma.

2° *Localisation de la nicotine dans les plantules.* — Dans les plantules de 3^{mm} de longueur, la nicotine est visible surtout un peu au-dessus du point végétatif de la racine, dans l'assise pilifère, dans les poils absorbants; elle existe aussi mais en moindre quantité dans les cotylédons, incolores à ce stade.

Dans les plantules de 5 à 10^{mm} de longueur, la nicotine peut être décelée dans les mêmes régions; toutefois, dans les poils absorbants, elle est moins abondante; elle est aussi moins visible dans les cotylédons verdis, sauf dans l'épiderme de ceux-ci, assise dans laquelle les précipités sont très denses. Ces diverses observations ont été faites par transparence sur des plantules entières.

On peut conclure de ces recherches que la nicotine apparaît dès les premiers stades de la germination dans les vacuoles dérivées des grains d'aleurone, avant la transformation de ceux-ci, en vacuoles filamenteuses, et qu'on la retrouve dans la plantule à tous les stades de l'évolution du vacuome.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'antagonisme entre les plantes cultivées et les bactéries du sol dans leur nutrition minérale.* Note de M. **D. Chouchak**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

On sait que le taux d'azote et de matières minérales dans les corps des bactéries du sol est très élevé : 10-20 pour 100.

On sait encore que les lois qui règlent la production des végétaux supérieurs, et en particulier la loi du minimum, s'appliquent aussi aux bactéries.

On peut considérer comme possible qu'il se présente des cas où, par suite de la multiplication abondante des bactéries dans le sol, un élément nutritif quelconque (qui dépendra de la constitution de ce sol) sera amené par l'assimilation bactérienne dans la solution du sol à une concentration très petite et insuffisante pour satisfaire au besoin des plantes supérieures cultivées.

Un tel cas justement s'est présenté dans une série d'expériences sur les effets de la stérilisation du sol où l'on avait combiné son action avec celle de différents engrais.

On cultivait du millet dans des pots sur une terre argileuse (0,4 pour 1000 P^2O^5; 1,66 pour 1000 N; 3,0 pour 1000 K^2O; 7 pour 100 CaO); poids de terre 2650^g.

Les engrais étaient : 0^g,5 de N de $NaNO^3$; 0^g,5 P^2O^5 de Na^2HPO^4; 0^g,54 K^2O de K^2SO^4 par pot.

Les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau suivant :

Engrais.	Terre stérilisée à 130°. Récolte totale séchée à l'air.	Terre stérilisée à 130°. Azote dans la récolte.	Terre sans traitement. Récolte totale séchée à l'air.	Terre sans traitement. Azote dans la récolte.
	g	g	g	g
Témoin	2,4	–	11,4	–
P + K + N	62,0	–	47,2	–
P + N	72,0	0,590	50,8	0,456
P + K	29,3	0,234	10,1	0,090
N + K	1,0	–	27,0	–

On remarque que la stérilisation du sol a fait tomber la récolte dans les pots témoins de 11^g,4 à 2^g,4 et de 27^g à 1^g dans les pots avec K + N sans P^2O^5.

Par contre la récolte, ainsi que l'azote assimilé par les plantes, a été fortement augmentée sur la terre stérilisée en présence d'engrais phosphaté et de nitrate.

Cette augmentation d'azote assimilé fait penser que la stérilisation produit une solubilisation de l'azote organique.

Pour essayer de le vérifier, deux lots de terre de 150^g (terre séchée à l'air, à 5,3 pour 100 d'humidité) sont introduits dans des tubes de 2^{cm},5 de diamètre légèrement effilés à la partie inférieure qui est partiellement obturée par une bille de verre. Le premier lot avait été au préalable stérilisé à 130° pendant une heure, puis ensemencé avec quelques milligrammes de terre ordinaire. Le second n'avait subi aucun traitement.

On verse de l'eau dans les tubes de façon à recueillir 25^{cm} d'extrait et l'on répète quelques jours plus tard cet épuisement encore deux fois. Les premiers extraits étaient parfaitement limpides, mais au bout de deux jours l'extrait de la terre stérilisée était devenu complètement trouble; il était alors peuplé de nombreuses bactéries; l'extrait témoin était resté limpide.

La solution des deuxième et troisième épuisements de la terre stérilisée s'écoule trouble du tube; ici encore le microscope décèle de nom-

breuses bactéries. Les extraits troubles ont été centrifugés; le liquide surnageant clair et les bactéries précipitées ont été analysées à part.

	Terre stérilisée à 130°.							Terre sans traitement.		
	P^2O^5 (mg par litre)			Azote organique (mg par litre)						
Épuisement.	soluble.	dans les bactéries.	total.	soluble.	dans les bactéries.	total.	Azote ammoniacal.	P^2O^5 total.	Azote org. total.	Azote ammoniacal.
		mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
1er....	traces	2,3	2,3	26,2	17,8	44,1	8,6	0,17	6,1	2,0
2e....	–	–	–	–	–	26,6	6,0	–	9,3	2,2
3e....	néant	–	–	–	–	14,0	4,3	–	6,9	1,9

L'augmentation énorme des composés azotés organiques dans l'extrait du sol, la solubilisation considérable de P^2O^5 total après la stérilisation ont provoqué la multiplication abondante de bactéries qui ont immobilisé très rapidement presque tout P^2O^5 et une grande partie de N organique soluble.

Dans le troisième extrait analysé immédiatement après l'écoulement du tube, le réactif molybdostrychnique ne décèle plus la présence de P^2O^5 soluble.

Ces faits expliquent immédiatement l'effet de la stérilisation sur la culture :

1° En présence de P^2O^5, grâce à l'augmentation de l'azote assimilable produit par la stérilisation, on obtient une très grande récolte;

2° Dans les pots stérilisés et sans engrais phosphaté, la concentration de P^2O^5 dans le liquide du sol par suite de l'absorption bactérienne est devenue si petite que les plantes végètent très mal et même dépérissent.

Dans la grande culture, il doit certainement se présenter des cas analogues où les infiniment petits jouent pour ainsi dire le rôle des plantes nuisibles concurrençant les plantes cultivées : les substances riches en matières hydrocarbonées et pauvres en P^2O^5, K^2O et N (paille, mélasse, etc.), employées comme fumure, en apportant les facteurs énergétiques, provoquent le développement rapide des bactéries qui absorbent les matières nutritives de la dissolution du sol; ainsi il se crée l'antagonisme entre les plantes cultivées et les bactéries. Les apports des engrais convenables, en augmentant la concentration de la dissolution du sol, doivent satisfaire en même temps aux besoins des plantes cultivées et des bactéries du sol.

Alors les effets utiles des différentes actions des bactéries se manifestent

pendant la culture des plantes; mais ces effets apparaissent aussi de la manière la plus active pendant les diverses façons préparatoires ou pendant la jachère; alors on fait dans le sol une véritable culture de bactéries qui jouent le rôle des plantes utiles rentrant dans l'assolement régulier.

CHIMIE AGRICOLE. — *Mesure de l'assimilabilité de divers phosphates par leur action sur la fixation bactérienne de l'azote.* Note de MM. **Georges Truffaut** et **N. Bezssonoff**, présentée par M. L. Mangin.

La quantité d'azote atmosphérique fixée par des *Azotobacter* dépend, d'après Stoklasa et aussi d'après Waksmann, du taux d'acide phosphorique assimilable existant dans leur milieu de culture.

Heller, de Prague, a trouvé que les phosphates minéraux naturels sont difficilement assimilables par les plantes, du fait que leur acide phosphorique est associé au fluor sous forme de fluophosphate (apatite). Le fer et l'alumine ne sont donc pas la cause d'une faible assimilabilité.

Calculant la quantité d'acide sulfurique juste suffisante pour dégager le fluor du fluophosphate ainsi que pour saturer les divers oxydes, Heller obtint un complexe qu'il nomma le *phosphate neutre*. Stoklasa comparant, à poids égal d'acide phosphorique, des phosphates neutres aux phosphates naturels ayant servi à leur préparation, dans des milieux de culture contenant déjà une faible proportion de phosphore utilisable, inoculés par des *Azotobacter*, constata un grain double d'azote en faveur des phosphates neutres.

Dans nos expériences récentes, nous utilisâmes un milieu de culture constitué pour un litre d'eau redistillée sur permanganate : 0,8 KCl, $0^g,2$ NaCl, $0^g,2$ SO^4Mg, $0^g,8$ $CaCO^3$, $0^g,004$ $MnSO^4$, glucose 10^g. Ce milieu fut réparti dans des Erlenmayer de 250^{cm^3}. Après inoculation simultanée avec *Azotobacter agile*, *Clostridium pastorianum*, *Bacillus Truffauti*, on étudia l'assimilabilité de phosphate marocain (contenant 5,23 pour 100 de CaF^2, de Gafsa 4,35 CaF^2, craie phosphatée de la Somme 2,35 CaF^2, puis d'un phosphate bipotassique auquel on ajouta : 6 pour 100 CaF^2, un phosphate neutre, un superphosphate minéral et un phosphate neutre auquel on ajouta 6 pour 100 CaF^2. Dans tous les cas, la quantité d'acide phosphorique employée sous les diverses formes était de $0^g,4$ par litre.

Après 26 jours d'incubation à 25° C. on dosa l'azote. La consommation de glucose ne fut déterminée que pour les quatre séries principales.

Nature du phosphate employé.	Gain en azote par litre en milligrammes. Gain par fioles séparées.				Gain moyen.	Gain en milligrammes par gramme de sucre consommé.
Phosphate bipotassique + CaF^2	28,0	32,4	27,2	55,6	**35,8**	10,6
Superphosphate minéral	73,2	84,3	82,4		**80,0**	–
Phosphate neutre + CaF^2	90,8	85,6	75,6	72,0	**81,0**	15,4
Phosphate neutre seul (1re série)	56	53,6	53,6	32	**48,8**	9,9
Phosphate neutre seul (2e série)	17,4	46,0	42		**35,1**	–
Phosphate de Gafsa	4,0	2,6	2,6		**3,1**	–
Phosphate marocain	0	0	0	0	**0,0**	0,0
Craie phosphatée de la Somme	0,0	0,0	accident		**0,0**	–

Le fluorure de calcium ajouté aux phosphates bipotassiques ou neutres n'entrave pas la fixation biologique de l'azote. Il semble même que l'addition du CaF^2 exerce une action favorable sur la fixation de l'azote. En effet, le gain en azote réalisé avec le mélange phosphate neutre + fluorure de calcium est légèrement supérieur à celui obtenu avec le superphosphate, avec cette particularité intéressante d'une grande économie dans l'utilisation des matériaux énergétiques employés (plus de 15^{mg} d'azote par gramme de glucose).

L'addition de carbonate de chaux en excès dans tous les milieux de culture n'a pas atténué les différences des valeurs biologiques des divers phosphates.

Conclusions. — Notre méthode basée sur l'absence de phosphore utilisable autre que celui des divers phosphates utilisés dans les milieux de culture, montre que l'infériorité biologique des fluophosphates minéraux est encore plus importante que ne l'indiquaient les travaux de nos prédécesseurs. C'est l'insolubilité du fluophosphate et non la toxicité du fluorure de calcium qui cause la non-assimilabilité des phosphates naturels. Après désagrégation des fluophosphates, leur assimilabilité est plus que décuplée.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la réaction électrique des cellules végétales à la polarisation.* Note (¹) de M. **Daniel Auger**, présentée par M. Molliard.

J'ai déterminé quantitativement la réaction électrique produite dans les tissus végétaux par l'action des courants rectangulaires, réaction étudiée par Waller à l'aide de la bobine d'induction et appelée par lui *blaze current* et qui a fait récemment l'objet d'une Note de M. Louis Lapicque.

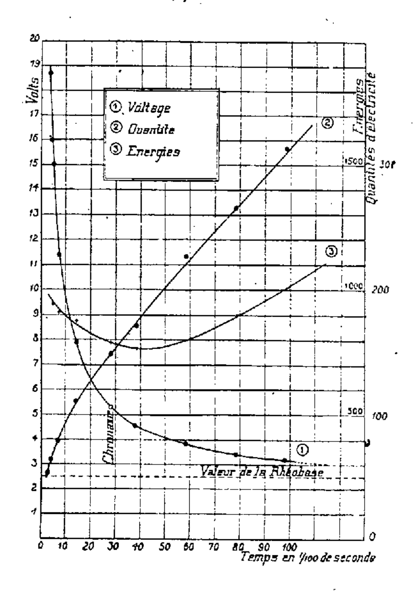
Rappelons que si l'on place sur une feuille vivante deux électrodes impolarisables, l'une sur une partie saine, l'autre sur une partie ayant subi un traumatisme quelconque, on observe une différence de potentiel, la partie lésée étant négative. Nous avons observé qu'il n'est nullement nécessaire de détruire la cellule et que le frôlement d'une barbe de plume, par exemple, détermine un phénomène entièrement réversible au bout de quelques secondes. Si l'on substitue au stimulus mécanique difficile à doser celui produit par une onde rectangulaire de courant, on obtient à stimulus égal une réponse identique, à condition de laisser la feuille se reposer suffisamment et de ne pas prolonger l'action d'un courant trop intense; la vitesse de réversibilité est la même que pour l'action mécanique.

Nous avons expérimenté sur des feuilles de *Cœdium, Caltha palustris, Aralia japonica, Eupatorium purpureum*, etc., que nous devons à l'amabilité de M. le professeur Guérin, ainsi que sur diverses racines. Le circuit excitant était formé par deux électrodes Ostwald au calomel remplies de liquide physiologique. Deux électrodes semblables recueillaient le courant produit par la réaction de la plante : on les disposait de façon que celui-ci se produise en sens inverse de celui de la polarisation résiduelle qui pourrait se produire. Le voltage du courant excitant variait par $\frac{1}{10}$ de volt entre 0 et 20 volts; la durée d'excitation variait entre 0,03 et 0,90 seconde; un électromètre de Lippmann permettait d'apprécier la réponse, très faible, mesurée par deux divisions de l'instrument.

Nous avons rassemblé dans le tableau ci-après les valeurs du voltage nécessaires pour obtenir une réponse en fonction du temps de passage du courant excitant (*Cœdium*). Nous y donnons également les valeurs des quantités d'électricité et des énergies calculées d'après nos expériences. Ces résultats sont représentés par les courbes de la figure.

(¹) Séance du 27 juin 1927.

Temps en 1/100e de sec. (T).	Voltage. (V).	Quantité d'électricité. (V.T).	Énergie. (V^2T).
∞	2,5	»	»
98	3,2	313	1003
78	3,4	265	901
58	3,9	226	792
38	4,5	171	769
28	5,3	148	786
14	7,9	110	873
7	11,4	79	910
4,2	15	63	945
2,8	18,7	52	979



On observe l'existence d'un voltage minimum (rhéobase) nécessaire pour obtenir une réponse quelle que soit la durée de l'excitation ainsi que l'accroissement rapide de celui-ci pour les faibles durées (courbe asymptote à l'axe des voltages). La courbe des quantités d'électricité, d'allure presque rectiligne sur une grande partie de son parcours, présente pour les durées faibles une incurvation prononcée vers l'axe des temps. Enfin la courbe des énergies possède un minimum que nous n'avons pas toujours retrouvé.

Ces courbes présentent des analogies très remarquables avec celles qui traduisent l'excitabilité des tissus musculaires et nerveux : ceci est en accord

avec les conclusions de la dernière Note de M. et Mme Louis Lapicque [1] qui tendent à relier étroitement les phénomènes de négativité d'action et de négativité de lésion.

HYGIÈNE. — *Recherche sur la production d'ozone dans l'air par les rayons ultraviolets.* Note [2] de M. **J. Dadlez**, présentée par M. d'Arsonval.

L'ozone existe dans l'atmosphère par suite de phénomènes électriques, ou par action des rayons ultraviolets de la lumière solaire. La proportion d'ozone contenu dans l'air est très variable et faible. Elle varie habituellement de $0^{mg},01$ à $0^{mg},02$ par mètre cube, et le maximum constaté serait d'environ $0^{mg},1$ d'ozone (Zenger) [3]. Cette quantité peut être augmentée lorsque l'air est soumis à l'action de l'énergie électrique, ou bien à l'action des rayons ultraviolets. Au voisinage d'une lampe en quartz, le rayonnement ultraviolet est tellement abondant, que l'odeur de l'ozone produit est nettement perceptible.

L'ozone en quantité faible est inoffensif pour l'organisme; une forte proportion provoque cependant une irritation des organes respiratoires. L'atmosphère du local contenant environ 4^{mg} d'ozone par mètre cube rend le séjour dans la pièce impossible [4].

Il s'agirait d'établir s'il existe de ce fait un danger d'une action irritante de l'ozone au voisinage d'une lampe en quartz.

Le dosage de l'ozone a été effectué par le procédé très sensible de Houzeau [5].

Expérience I. — L'air confiné d'une pièce de 18^{m^3}, aspiré, en faisant varier la distance, d'une lampe en quartz (de George) d'une puissance de 1500 bougies. La température d'air sec 18°, 2. L'aspiration se produit avec une assez grande vitesse, à peu près 20 litres en 30 minutes. La durée de fonctionnement de la lampe correspondait à la durée d'aspiration.

Les résultats obtenus démontrent que plus grande la distance de la lampe, plus faible la proportion d'ozone. Elle se chiffre notamment de $0^{mg},72$ à $0^{mg},79$ à distance de 5 à 15^{cm}, tombant à $0^{mg},53$ et à $0^{mg},51$ avec la dis-

---

(1) M. et Mme Louis Lapicque, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1480.

(2) Séance du 13 juin 1927.

(3) Ogier et Kohn-Abrest, *Chimie toxicologique*, 1, 1924, 2e édition, p. 236.

(4) Marcy et Bouissy, *Ann. Serv. techn. Hygiène*, 7, 1926, p. 42.

(5) Houzeau, *Ann. Chim. et Phys.*, 3e série, 67, 1863, 7, p. 466.

tance plus grande, pour atteindre la proportion moyenne de $0^{mg},3$ par mètre cube d'air.

Expérience II. — Pièce de 32^{m^3}, bien ventilée lampe (Gallois) 1500 bougies, $t = 23°$. Résultats :

			mg
Ozone par mètre cube d'air à distance de	5^{cm}	de la lampe	0,33
»	14^{cm}	»	0,23
»	70^{cm}	»	0,04

Expérience III. — Trois lampes (Chenaille) d'une puissance de 3000 bougies ont été installées au plafond d'une salle de 340^{m^3}. Pendant leur fonctionnement, on a prélevé 30 litres d'air à distance de 100^{cm} d'une lampe. Le dosage d'ozone donna dans ce cas un résultat négatif. Une odeur d'ozone, très légère, était perceptible à distance de 10^{cm} de la lampe.

Des résultats analogues ont été obtenus pendant d'autres expériences. Dans un cas, où fonctionnait pendant 30 minutes une lampe d'une puissance de 3500 bougies, dans une pièce d'environ 12^{m^3}, on pouvait constater la proportion d'ozone de $0^{mg},5$ à $0^{mg},6$ par mètre cube d'air. A la distance de 6^{cm} d'une lampe d'une puissance de 3500 bougies la teneur en ozone peut atteindre $0^{mg},9$ par mètre cube d'air.

Il s'agirait donc de savoir si l'ozone à la dose de $0^{mg},6$ à $0^{mg},7$ par mètre cube d'air produit une action irritante sur l'organisme. Cela dépend évidemment de l'âge, des qualités individuelles et de l'état de santé.

Les essais suivants ont été effectués sur moi-même : la respiration dans une atmosphère qui contient $1^{mg},3$ à $1^{mg},4$ d'ozone par mètre cube produit en 20 minutes une sensation d'une légère brûlure sur les muqueuses nasales. Ces premiers symptômes se produisent beaucoup plus vite à la dose de $1^{mg},9$ par mètre cube, soit au bout de 6 minutes. Il survient une sensation de brûlure, de chatouillement, de sécheresse sur les muqueuses de la gorge, accompagnée de toux. Au bout de 20 minutes, on éprouve une irritation trachéale et bronchiale. La toux devient si violente qu'il est difficile de supporter une pareille atmosphère. On peut aussi constater le commencement d'une conjonctivité avec larmoiement et brûlure. Les phénomènes d'irritation disparaissent au bout de quelques minutes aussitôt sortis de cette atmosphère. Étant resté un jour pendant 25 minutes dans l'atmosphère, contenant 2^{mg} d'ozone par mètre cube d'air, je ressentais au bout de quelques heures des douleurs, principalement pendant l'inspiration. Le lendemain, l'état de santé était bon. On peut considérer alors la dose de 1^{mg} à $1^{mg},5$ d'ozone par mètre cube comme dose, provoquant dans le délai de 30 minutes les premiers symptômes d'irritation chez les adultes.

En comparant la dose irritante minima avec la quantité de $0^{mg},05$ à $0^{mg},3$ d'ozone produit en moyenne pendant le fonctionnement d'une lampe en quartz, on est amené à conclure que l'air contenant cette proportion d'ozone ne présente aucun danger. Il faut cependant prendre des précautions s'il s'agit d'une petite pièce, où la proportion d'ozone atteint $0^{mg},6$ et même plus. Mais on peut éviter très facilement l'accumulation de l'ozone par une bonne ventilation.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Les rapports entre l'activité spirillicide et trypanocide des éléments et leur classification électrochimique*. Note de MM. C. **Levaditi** et **J. Longinesco**, présentée par M. Roux.

L'un de nous (¹) a montré qu'il n'existait pas de relations satisfaisantes entre les huit éléments actifs du point de vue thérapeutique dans la syphilis et les trypanosomiases (Au, Hg, V, As, Sb, Bi, Te, Pt) et leur classification suivant le système périodique de Mendelejeff, lequel n'envisage qu'un certain ordre de phénomènes chimiques. En nous adressant à la classification électrochimique des métaux (²) et à leur répartition en groupes analytiques, nous avons obtenu des résultats plus satisfaisants.

L'étude des rapports entre les éléments thérapeutiquement actifs et leur classification électrochimique montre que parmi les 34 éléments examinés :

1° La plupart des métaux *inactifs* se placent au-dessus de l'hydrogène ;

2° Tous les éléments *actifs* se placent au-dessous de l'hydrogène ; ce sont des éléments ou très peu électropositifs (As, Bi, Sb, Hg, Pt, Au), ou très peu électronégatifs (Te et V). Voici, d'ailleurs, leur emplacement dans la classification électrochimique :

(¹) Levaditi, *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 167.

(²) On sait que pour électrolyser un sel, il est nécessaire d'appliquer une tension minima d'électricité dépendant de la nature de ce sel. La différence de potentiel est la somme des deux chutes de tension se faisant sur les deux électrodes (*tension de polarisation*)

$$E = \Sigma c + \Sigma a.$$

Tous les métaux placés au-dessous de l'*hydrogène* (H = 0) peuvent être remplacés par celui-ci dans leurs sels et ne décomposent pas l'eau (à la température ordinaire).

	Volt [1].	
H	0	
Cu	—0,29	
As	—0,33	actif
Bi	—0,35	actif
Sb	—0,47	actif
Hg	—0,75	actif
Ag	—0,77	faibl. actif
Pd	—0,79	
Pt	—0,86	actif
Au	—1,09	actif

	Volt [2].	
H	0	
Sb	0,10	actif
As	0,30	actif
Cu	0,34	
Ag	0,80	faibl. actif
Hg	0,86	actif
Pt	0,86	actif
Au	1,50	actif

Du point de vue analytique, tous les métaux actifs précipitent avec l'H^2S à l'état de sulfures. Nous remarquerons, cependant, que parmi les métaux étudiés, le Cd, le Sn et le Pb, qui, eux aussi, précipitent avec l'H^2S, mais qui ont une tension de polarisation supérieure à celle de l'H, ne sont pas thérapeutiquement actifs, ce qui était à prévoir.

Conclusions. — *En résumé, tous les métaux actifs du point de vue thérapeutique sont ou très peu électropositifs, ou très peu électronégatifs; ils ont, en général, une tension de polarisation inférieure à celle de l'hydrogène et ne décomposent pas l'eau à la température ordinaire. Du point de vue analytique, ils précipitent tous avec l'*H^2S *à l'état de sulfures. Il semblerait que ce soient là les conditions nécessaires pour qu'un élément soit actif.* L'élaboration tissulaire des composés spirillicides protéo-métalliques en dépend (*bismoxyl; trypanotoxyl;* Levaditi). Toutefois, ces conditions ne sont pas suffisantes, puisqu'il existe des métaux qui les remplissent (Cu, Pd), et qui cependant sont inactifs, du moins dans l'état actuel de nos connaissances.

Le colonel **L. François Moreau** adresse à l'Académie un Mémoire sur l'*existence de radiations telluriques spéciales.*

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

---

(1) D'après Urbain (*Cours de Chimie analytique*).
(2) D'après Ephraim (*Anorganische Chemie*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUILLET 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **L. Torres Quevedo** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Kamerlingh Onnes*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** annonce dans les termes suivants la mort de M. **Mittag-Leffler** :

J'ai le regret d'annoncer à l'Académie la perte qu'elle vient de faire en la personne de M. **Mittag-Leffler**, Correspondant depuis 1906 dans la section de géométrie.

Les travaux les plus importants de Mittag-Leffler se rapportent à la théorie des fonctions. Il démontre un théorème, plus général que celui de Weierstrass, indiquant comment on peut former une fonction méromorphe admettant des pôles donnés à l'avance, avec des parties principales également données. Le problème dut à sa simplicité, à son élégance, à ses nombreuses applications de devenir rapidement classique : Hermite lui fit une place importante dans ses leçons à la Sorbonne et rendit ainsi célèbre le nom de Mittag-Leffler.

Mittag-Leffler donne à son théorème une grande extension en considérant le cas où les points singuliers ou les zéros des fonctions à construire forment un ensemble énumérable distribué d'une façon quelconque dans le plan.

Une autre question qui a fait l'objet des recherches de Mittag-Leffler est la théorie des équations différentielles linéaires et homogènes, il a perfectionné des méthodes données par Poincaré et Hamburger, ainsi que certains points des beaux théorèmes de M. Picard sur l'intégration des équations différentielles linéaires à coefficients doublement périodiques et à intégrale générale uniforme.

Dans ces travaux Mittag-Leffler a donné la mesure de son esprit pénétrant et origiual sans se laisser détourner de ses recherches par la direction qu'il avait assumée de la célèbre revue *Acta mathematica*, qui exerça une si grande influence sur le développement des mathématiques modernes. Pour reconnaître tant d'éminents services, les mathématiciens de tous pays avaient ouvert une souscription pour offrir à Mittag-Leffler un témoignage d'admiration et de remerciements.

L'exemple de la vie de Mittag-Leffler nous apprend qu'il sert doublement la science, l'homme qui la sert en Suède, puisque dans ce pays éclairé il la fait à la fois avancer et admirer. Il la fait admirer assez efficacement pour que les rois et les particuliers, qu'ils aient nom Oscar II ou Nobel, l'honorent à l'envi. Mittag-Leffler s'y était fait assez estimer pour avoir été appelé dans ce conseil chargé par le roi de désigner les plus dignes dans le noble concours qu'il avait ouvert entre les mathématiciens du monde, à l'occasion du 60e anniversaire de sa naissance. Ses rapports insérés aux *Acta mathematica* ont narré l'histoire de la découverte des fonctions fuchsiennes et kleinéennes, ainsi que les recherches d'analyse mathématique d'un autre de nos confrères de la section de géométrie. Ainsi le nom de Mittag-Leffler vivra associé à ceux des plus grands mathématiciens de notre temps et de notre pays.

M. **Émile Picard** ajoute les quelques mots suivants, à l'occasion de la mort de M. **Mittag-Leffler** :

M. le Président a rappelé quelques-uns des principaux titres de notre illustre Correspondant suédois, dont le nom était bien connu dans le monde scientifique de tous les pays. Sa formation fut au début essentiellement allemande, et l'enseignement de Weierstrass à l'Université de Berlin laissa sur lui une forte empreinte. Il vint un peu plus tard suivre des cours à Paris, et il aimait à se dire élève d'Hermite en même temps que de Weierstrass; c'est à cette époque que nous l'avons connu, nos confrères Henri Poincaré et Paul Appell, et moi-même. Hermite avait pris

Mittag-Leffler en une affection toute particulière, et une longue correspondance s'établit entre eux, qui dura jusqu'à la mort d'Hermite.

Presque tous les travaux de Mittag-Leffler se rapportent à la théorie des fonctions analytiques uniformes. C'est dans la question du prolongement d'une fonction donnée par son développement de Taylor que Mittag-Leffler a peut-être donné toute la mesure de son talent. Il est arrivé à la notion essentielle de ce qu'il a appelé *l'étoile* correspondant à une série entière, et ces travaux ont été l'origine d'un nombre considérable de recherches de géomètres contemporains. On peut dire de Mittag-Leffler ce que disait Fontenelle à propos de Leibnitz : il a eu le plaisir de voir croître dans les jardins d'autrui les plantes dont il avait fourni les graines. C'est là pour un homme de science la satisfaction suprême.

En dehors de son Journal les *Acta mathematica*, Mittag-Leffler a encore fondé à Djursholm près de Stockholm un Institut possédant la plus belle bibliothèque mathématique qui existe sans doute dans le monde. Cette fondation, que notre regretté collègue a léguée à l'Université de Stockholm, est destinée à devenir un centre où donneront des conférences les mathématiciens les plus éminents de tous les pays; c'est encore un nouveau titre de Mittag-Leffler à la reconnaissance des amis des sciences mathématiques.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Da Costa Lobo**, directeur de l'Observatoire de Coïmbra, qui assiste à la séance.

M. **Émile Picard** en déposant sur le bureau ses *Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles avec des applications à la physique mathématique*, s'exprime comme il suit :

Ce volume contient les leçons, rédigées par quelques-uns de mes auditeurs, que j'ai faites à la Sorbonne en 1907, et reprises avec quelques additions en 1925. On y retrouvera en particulier mes anciennes recherches sur les équations aux dérivées partielles du type hyperbolique, et une théorie assez développée de la valeur *principale* de l'intégrale de Cauchy. Je donne aussi diverses applications empruntées à la théorie de la chaleur et à celle de l'électricité. Les derniers chapitres traitent sommairement des équations aux dérivées partielles à caractéristiques imaginaires.

Ce volume appartient à la Collection des *Cahiers scientifiques publiés sous la direction de* M. Gaston Julia.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage de M. Paul Jeancard : *Les Parfums. Chimie et industrie*, pour lequel il a écrit une *Préface*.

M. C. **Matignon** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Ville de Cannes .Cérémonie commémorative de* Jean-Baptiste Dumas.

CORRESPONDANCE.

M. le **Directeur de l'Institut national agronomique** prie l'Académie de vouloir bien désigner un de ses membres qui remplacera, dans le Conseil d'administration, M. *Gustave André*, décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les fascicules LXXI et LXXII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, prince souverain de Monaco. *Mollusques Hétéropodes et Euptéropodes provenant des campagnes des yachts* Princesse-Alice I et II *et* Hirondelle II par A. Vayssière, et *Mollusques provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco dans l'océan Atlantique et dans le golfe de Gascogne*, par Ph. Dautzenberg. (Présenté par M. L. Joubin.)

2° *Atlas des spectres des substances colorantes.* 1re Partie : *Les spectres d'absorption des substances colorantes organiques*, mesurés par P. M. Nedopekin, sous la direction de M. P. Lasareff. (Présenté par M. C. Matignon.)

3° Plusieurs brochures de M. José Maria Torroja relatives surtout à la *Stéréographométrie*. (Présentées par M. G. Perrier.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les formes riemanniennes des géométries à groupe fondamental semi-simple*. Note de M. **E. Cartan**.

1. Considérons un espace $\mathcal{E}_n$ à n dimensions à groupe fondamental G d'ordre $r \geqq n$. Il est des cas très étendus où l'on peut donner, suivant une loi invariante, une forme riemannienne à la géométrie de l'espace $\mathcal{E}_n$.

Cela dépend de la nature de G et des propriétés du sous-groupe g d'ordre $s = r - n$ qui laisse invariant un point de l'espace.

2. Supposons, ce qui est fréquent dans les applications, le groupe G simple ou semi-simple. L'espace E_r représentatif de ses transformations est riemannien [1]. Considérons dans E_r les ∞^n variétés totalement géodésiques V_s, lieux des points représentatifs des transformations Sg, produits d'une transformation fixe S de G et d'une transformation variable de g. Si T_0 est une transformation fixe de G, la *translation* $S' = T_0 S$ échange entre elles les variétés V_s.

Représentons les ∞^n variétés V_s par les points M d'un espace $\mathcal{E}_n$ à n dimensions; à la translation T_0 de E_r correspondra dans $\mathcal{E}_n$ une transformation ponctuelle, que nous désignerons encore par T_0.

Nous allons supposer que le sous-groupe g jouit des propriété suivantes :

A. *g ne contient aucun sous-groupe invariant de* G.

B. *g n'est invariant dans aucun sous-groupe de* G *autre que lui-même.*

C. *Il n'existe en un point de* V_s *aucune direction à la fois tangente et normale à* V_s.

De la propriété A, il résulte que les transformations ponctuelles T_0 de $\mathcal{E}_n$ engendrent un groupe isomorphe *holoédrique* de G, groupe que nous désignerons encore par la lettre G.

De la propriété C, il résulte que par tout point S d'une variété V_s il passe une géodésique et une seule normale à V_s et rencontrant une variété V'_s donnée infiniment voisine de V_s. On démontre facilement que la longueur de l'arc de géodésique compris entre V_s et V'_s est indépendante du point S choisi sur V_s, autrement dit que *les deux variétés sont partout à la même distance.*

De ce théorème résulte l'existence d'une métrique intrinsèque dans l'espace $\mathcal{E}_n$, la distance de deux points M et M' infiniment voisins étant définie par la distance dans E_r des deux variétés V_s et V'_s correspondantes. Les transformations de G laissent la métrique invariante.

3. Au lieu de regarder $\mathcal{E}_n$ comme un espace de Riemann proprement dit (sans torsion), on peut le douer d'une *connexion euclidienne* intrinsèque (avec courbure et torsion). Soient M et M' deux points infiniment voisins de $\mathcal{E}_n$ correspondant à deux variétés V_s et V'_s. Il existe dans E_r une translation et une seule T_0 amenant V_s en coïncidence avec V'_s de manière que

---

[1] Voir E. Cartan and J. A. Schouten, *On the Geometry of the Group-manifold of simple and semi-simple Groups* (*Proc. Akad. Amsterdam*, 29, 1926, p. 803-815); E. Cartan, *La Géométrie des groupes de transformations* (*J. Math.*, 6, 1927, p. 70).

chaque point de V_s se déplace normalement à V_s. Nous dirons alors que deux vecteurs issus de M et de M' sont *parallèles* s'ils résultent l'un de l'autre par la transformation ponctuelle correspondante T_0. Les transformations de G changent deux vecteurs infiniment voisins parallèles en deux autres vecteurs parallèles.

La connexion euclidienne définie dans $\mathcal{E}_n$ jouit de deux propriétés remarquables. En premier lieu *le transport parallèle*, résultant d'un déplacement particulier, *conserve la courbure et la torsion;* en second lieu on peut démontrer que *les géodésiques sont les extrémales de la distance.*

4. Les transformations de G sont des *déplacements* de l'espace à connexion euclidienne $\mathcal{E}_n$. La géométrie de groupe fondamental G sera équivalente à la géométrie de l'espace à connexion euclidienne $\mathcal{E}_n$ s'il n'existe, en dehors de G, aucun autre *déplacement*. Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que le sous-groupe g jouisse de la propriété B.

A tout sous-groupe jouissant des propriétés A, B *et* C *est donc associée une forme riemannienne, à* ds^2 *défini ou indéfini, avec ou sans torsion, de la géométrie de groupe fondamental* G.

5. Plaçons-nous en particulier dans le cas d'un groupe G *simple* à paramètres *réels*, et excluons les ds^2 *indéfinis*. On peut démontrer

1° Que si le groupe G est *ouvert*, la géométrie de groupe fondamental G n'admet que des formes riemanniennes sans torsion [1];

2° Que si le groupe G est *clos*, à tout sous-groupe g satisfaisant à B est associée une forme riemannienne, avec ou sans torsion; la courbure riemannienne de l'espace est toujours positive ou nulle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre à plusieurs fonctions inconnues possédant l'intégrale de M. Hamburger.* Note [2] de M. **G. Pfeiffer**, transmise par M. Appell.

Un système de $n-q$ équations aux dérivées partielles du premier ordre de k fonctions inconnues, par rapport à n variables indépendantes, possé-

---

(1) Ce sont celles qui ont fait l'objet de deux Notes récentes (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1036-1038 et 1628-1630). Les formes riemanniennes à ds^2 défini ont une grande importance pour l'Arithmétique et la théorie des fonctions. C'est ainsi que H. Poincaré (*Comptes rendus*, 98, 1884, p. 503-504) s'appuie sur l'existence d'un ds^2 défini attaché à une forme d'Hermite indéfinie pour montrer la possibilité d'une théorie générale des groupes hyperfuchsiens discontinus; ce ds^2 est celui de l'espace hermitien hyperbolique.

(2) Séance du 4 juillet 1927.

dant l'intégrale de M. Hamburger [1]

(1) $$\Phi(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_q, \varphi_{q+1}) = 0 \qquad (q+1<n),$$

Φ étant une fonction arbitraire, φ_i des fonctions données, peut être amené à la forme

(2) $$\left\{\begin{array}{l} M + \sum_{\sigma\tau}^{kq} M_\tau^\sigma \frac{\partial z_\sigma}{\partial x_\tau} + \sum_{\sigma}^{k} M_{q+1}^\sigma \frac{\partial z_\sigma}{\partial x_{q+1}} + (H) = 0, \\ \vdots \\ N_h + \sum_{\sigma\tau}^{kq} N_{h\atop\tau}^\sigma \frac{\partial z_\sigma}{\partial x_\tau} + \sum_{\sigma}^{k} N_{h\atop q+1}^\sigma \frac{\partial z_\sigma}{\partial x_h} + (H) = 0 \\ (M \not\equiv 0,\ M'_{q+1} \not\equiv 0;\ h = q+2, q+3, \ldots, n); \end{array}\right.$$

les variables $z_1, z_n, \ldots, z_k$ sont des fonctions des variables indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_n$ [2].

Les coefficients $N_{h\atop q-1}^\sigma$ doivent être proportionnels aux coefficients M_{q+1}^σ; on peut les prendre égaux :

$$N_{h\atop q+1}^\sigma = M_{q+1}^\sigma \qquad (\sigma = 1, 2, \ldots, k).$$

Outre cela, auront lieu les relations

(3) $$N_h = M\omega_h,$$

(4) $$N_{h\atop\tau}^\sigma = M_\tau^\sigma \omega_h - M_{q+1}^\sigma \omega_{h\tau} \qquad (\sigma = 1, 2, \ldots, k;\ \tau = 1, 2, \ldots, q),$$

où $\omega_h, \omega_{h\tau}$ sont des fonctions de variables $z_1, \ldots, z_k, x_1, \ldots, x_n$.

Les conditions de M. Hamburger, exprimées par les équations (2) et les relations (3), (4), sont les seules restrictions algébriques imposées aux coefficients du système possédant l'intégrale (1). Nous les appellerons *les conditions généralisées* de M. Hamburger.

Il est intéressant de remarquer le théorème suivant :

Notons les équations (2), satisfaisant les conditions de M. Hamburger, par

$$U = 0, \qquad V_h = 0.$$

---

[1] *Journ. de Crelle*, **100**, 1887, p. 390-404.

[2] Sous l'équation

$$Q + \sum_{\sigma\tau}^{kn} Q_\tau^\sigma \frac{\partial z_\sigma}{\partial x_\tau} + (H) = 0,$$

nous entendons une équation linéaire en jacobiens, dont les coefficients satisfont aux conditions de M. Hamburger.

La demande que l'équation

$$U + \lambda V_h = 0 \qquad (\lambda = \text{fonction arbitraire}),$$

satisfasse aux conditions de M. Hamburger, est équivalente aux relations (3), (4).

L'intégration du système (2), dont les coefficients satisfont aux conditions généralisées de M. Hamburger, est équivalente à l'intégration du système d'équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre avec une fonction inconnue

$$(5)\quad \left\{\begin{array}{l} M\dfrac{\partial f}{\partial z_j} - M_1^j\dfrac{\partial f}{\partial x_1} - M_2^j\dfrac{\partial f}{\partial x_2} - \ldots - M_q^j\dfrac{\partial f}{\partial x_q} - M_{q+1}^j\dfrac{\partial f}{\partial x_{q+1}} = 0 \\ \qquad (j = 1, 2, \ldots, k), \\ \dfrac{\partial f}{\partial x_h} + \omega_{h1}\dfrac{\partial f}{\partial x_1} - \omega_{h2}\dfrac{\partial f}{\partial x_2} - \ldots - \omega_{hq}\dfrac{\partial f}{\partial x_q} - \omega_h\dfrac{\partial f}{\partial x_{q+1}} = 0 \\ \qquad (h = q+2, q+3, \ldots, n). \end{array}\right.$$

Les conditions, que le système (5) soit complet, constituent les restrictions différentielles qu'impose aux coefficients du système (2) l'existence de l'intégrale (1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la comparaison des deux fonctions* $\sum a_n z^n$ *et* $\sum \frac{z^n}{a_n}$. Note de M. **Soula**, transmise par M. Hadamard.

J'ai déjà indiqué que l'on peut, dans certains cas, obtenir les points singuliers de la deuxième fonction quand on connaît ceux de la première. Je supposais que $f(z) = \sum a_n z^n$ n'avait, sur son cercle de convergence, qu'un ou deux points singuliers et que ces points étaient d'espèce particuticulière. Je vais donner des théorèmes d'un genre différent sur le même sujet :

1. Si les a_n sont réels, si $\sqrt[n]{|a_n|}$ tend vers 1, si les fonctions $f(z) = \sum a_n z^n$ et $f_1(z) = \sum \frac{z^n}{a_n}$ sont holomorphes sur des arcs du cercle de convergence, si l'un au moins de ces arcs a pour milieu le point -1, si la somme de ces arcs est supérieure à 2π, on peut affirmer que les deux fonctions n'ont l'une et l'autre que le point singulier 1 sur le cercle de convergence.

En particulier :

2. Avec les mêmes hypothèses sur les a_n, si $f(z)$ n'a que le point singulier 1 sur le cercle de convergence, de deux choses l'une : ou $f_1(z)$ admet le cercle comme coupure, ou $f_1(z)$ n'a que le point singulier 1 sur le cercle.

Dans ce dernier cas, les coefficients a_n ont le même signe dès que n est assez grand et le rapport $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ tend vers 1 ; les points singuliers de f et de f_1 voisins de 1 sont intérieurs à un angle dont le sommet est le point 1, dont la bissectrice est l'axe réel, dont l'ouverture est inférieure à π.

3. Si $\sqrt[n]{|a_n|}$ tend vers 1, si $f(z)$ et $f_1(z)$ sont respectivement holomorphes sur les arcs du cercle de convergence définis par

$$|\text{argument } z| \geqq \Omega, \qquad |\text{argument } z| \geqq \Omega_1,$$

si $\Omega + \Omega_1 < \frac{\pi}{2}$, les fonctions f et f_1 n'ont que le point singulier 1 sur le cercle de convergence.

4. Si $\sqrt[n]{|a_n|}$ tend vers 1, si les a_n sont réels, si $f(z)$ et $f_1(z)$ n'ont l'une et l'autre qu'un nombre fini de points singuliers sur le cercle de convergence, ces points sont les sommets d'un polygone régulier.

5. Si $\sqrt[n]{|a_n|}$ tend vers 1, si $f(z)$ et $f_1(z)$ n'ont l'une et l'autre qu'un nombre fini de points singuliers sur le cercle de convergence, les deux fonctions $\sum |a_n| z^n$ et $\sum \frac{z^n}{|a_n|}$ ont la même propriété.

Pour démontrer le théorème 1, j'étudie la fonction $G(u)$ définie par M. Carlson et telle que $G(n) = a_n$; je montre qu'elle n'a pas une infinité de racines dans un angle qui contient à son intérieur l'axe réel. J'établis ensuite que sa croissance est, dans cet angle, comparable à celle de $e^{\varepsilon |u|}$.

Le théorème 3 est une conséquence immédiate de 1.

Les théorèmes 4 et 5 se déduisent des précédents par une méthode due à M. Carlson et qui permet de transformer les fonctions de manière à placer un nombre fini de points singuliers au voisinage du point 1.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de l'éclipse partielle de Soleil du 29 juin 1927 faites à l'Observatoire de Strasbourg*. Note (1) de M. **Ernest Esclangon**.

L'éclipse de Soleil du 29 juin 1927 a pu être observée à l'Observatoire de Strasbourg dans des conditions particulièrement favorables. Abondam-

(1) Séance du 4 juillet 1927.

ment lavé par la pluie des jours précédents, le ciel, qui s'est brusquement dégagé de tout nuage à partir de 4^h (T. M. G.) le 29 juin, s'est montré d'une limpidité parfaite.

Le phénomène a été suivi à l'équatorial de 50^{cm} par M. Danjon; à l'équatorial de 16^{cm} par MM. Esclangon et Rougier.

Les observations étaient faites par projection. Les heures des contacts ont été obtenues de deux manières différentes : 1° par appréciation directe; 2° par des mesures nombreuses de cordes aux époques voisines des contacts.

Voici les résultats obtenus :

Méthode.	Heures du contact (T.M.G.).	Observateurs.
Premier contact.		
Par observation directe................	h m s 4.19. 0	Esclangon
Par la mesure de 11 cordes entre $4^h19^m25^s$ et $4^h24^m36^s$........................	4.19. 0	Esclangon et Rougier
Par la mesure de 18 cordes entre $4^h19^m11^s$ et $4^h22^m48^s$........................	4.18.55,5	Danjon
Deuxième contact.		
Par observation directe................	6.12.27	Esclangon
Par observation directe................	6.12.27	Rougier
Par la mesure de 11 cordes entre $6^h6^m50^s$ et $6^h11^m40^s$........................	6.12.29,0	Esclangon et Rougier
Par la mesure de 18 cordes entre $6^h8^m30^s$ et 6^h12^m23........................	6.12.29,3	Danjon

Les mesures de cordes faites par MM. Esclangon et Rougier ont été obtenues par mesures micrométriques. Celles faites par M. Danjon ont été obtenues en mesurant directement sur l'écran de projection, solidaire de la lunette, la longueur des cordes, au moyen d'un papier millimétré.

La moyenne des heures observées pour le premier contact serait $4^h18^m58^s,5$; pour le second contact elle est $6^h12^m28^s,1$.

Il est à remarquer que si les heures des contacts obtenues par mesures de cordes conduisent, par multiplication des mesures, à une précision plus grande que celle qui s'attache à l'observation directe des contacts (observations toujours isolées), elles peuvent comporter par contre des erreurs systématiques. L'observation directe d'un contact est en effet indépendante des phénomènes de diffraction. Dès que le disque du Soleil cesse d'être cir-

culaire dans le ciel, son image au foyer d'une lunette quelconque cesse de l'être également. Au contraire, la forme plus ou moins arrondie des pointes du croissant, par conséquent la longueur de la corde qui les joint, est sous la dépendance de ces phénomènes et peut donner lieu à erreur systématique et différente suivant les instruments employés.

Les chiffres obtenus pour les heures des contacts sont en bonne concordance avec ceux déduits du calcul. Ils paraîtraient seulement en retard d'environ deux secondes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observation de l'éclipse de Soleil du 29 juin 1927, à Bourges*. Note de M. **Th. Moreux**, présentée par M. Bigourdan.

L'observation de l'éclipse du Soleil du 29 juin 1927, qui était partielle à Bourges, a été favorisée par de très bonnes conditions de visibilité qui ont permis d'obtenir les heures des contacts. Celles-ci avaient été déterminées au préalable par M. Georges Durand, second astronome adjoint, à l'aide des données de la *Connaissance des Temps*, pour la position de l'équatorial de l'observatoire (longitude, 0°3′57″ Est de Paris; latitude N, 47°4′23″; Altitude, 153^{m}).

Le premier contact n'a pu être déterminé qu'à *une* seconde près, en raison du bouillonnement des images, mais au dernier contact, le Soleil étant alors assez élevé au-dessus de l'horizon, a fourni de très bonnes images et a permis un chronométrage parfait.

Voici les heures calculées et observées (T. M. G.) :

	Heures calculées.	Heures observées.
Premier contact.........	$4^{h}\,18^{m}\,40^{s}$	$4^{h}\,18^{m}\,43^{s} \pm 1$
Deuxième contact........	$6^{h}\;9^{m}\,58^{s}$	$6^{h}\;9^{m}\,51^{s}$

On remarquera que la différence pour le premier contact atteint à peine 3 secondes ; l'écart de 7 secondes, en sens contraire, pour le dernier contact, est encore insignifiant et c'est la première fois que, grâce aux éléments fournis par le *Bureau des Longitudes*, je suis arrivé à une aussi grande approximation.

Le 29 juin, le disque solaire présentait 3 groupes de taches dont le plus important occupait la position : 357° en longitude et — 8° en latitude. J'ai suivi la plus belle tache de ce groupe au moment où le bord dentelé de la Lune atteignit la pénombre et le noyau de la tache, avec un grossissement

de 200, mais je n'ai noté aucun phénomène rappelant le *ligament sombre* signalé autrefois par quelques observateurs.

Plusieurs minutes avant la phase maximum (0,877 à Bourges) alors que le ciel et le paysage prenaient une teinte plombée caractéristique, les oiseaux cessèrent leurs chants et le vent s'éleva ; au plus fort de l'éclipse, la température a baissé de 1°,6 ; la pression barométrique, par contre, est restée stationnaire ainsi que l'état hygrométrique.

J'ai opéré le chronométrage des contacts avec l'aide de M. Louis Prat et de M. Albert Bonvilain, météorologiste-adjoint qui avait vérifié la marche des chronomètres au cours de l'éclipse, grâce aux signaux horaires spéciaux envoyés par la Tour Eiffel.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Limite d'application de la théorie du potentiel-vecteur*. Note de M. **Raoul Ferrier**, transmise par M. P. Painlevé (1).

I. On sait que la théorie du potentiel-vecteur joue, à l'heure actuelle, un rôle important dans le développement de la Relativité. Les trois composantes du potentiel-vecteur et la valeur du potentiel scalaire forment, en effet, un système de quatre nombres qui représente, en langage tensoriel, le *quadrivecteur potentiel*. Or il convient de ne pas perdre de vue que la théorie du potentiel-vecteur n'a de signification physique que sous certaines conditions.

Plaçons-nous en effet dans le cas particulier du vide, dépourvu de matière et d'électricité libre. La force électrique $\mathcal{E}$ est donnée par :

$$\mathcal{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{M}}{\partial t}, \qquad \mathcal{M} = \int \frac{i}{r}\,d\tau, \qquad i = \frac{1}{4\pi c}\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t}.$$

Le vecteur magnétique $\mathcal{H}$ et le *scalaire ampérien* $\mathcal{A}$ sont reliés au potentiel-vecteur $\mathcal{M}$ par

$$\mathcal{H} = \operatorname{rot} \mathcal{M}, \qquad \mathcal{A} = \operatorname{div} \mathcal{M}.$$

Les équations aux dérivées partielles, qui définissent le développement de la perturbation sont

$$\operatorname{rot} \mathcal{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial t}, \qquad \operatorname{div} \mathcal{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial t},$$

$$\operatorname{rot} \mathcal{H} + \operatorname{grad} \mathcal{A} = \frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t}, \qquad \operatorname{div} \mathcal{H} = 0.$$

(1) Séance du 31 mai 1926.

Il est aisé de voir que ce système se dédouble, si le champ $\mathcal{E}$ est régulier. On peut le décomposer alors selon la méthode de Vaschy, en un champ sans divergence $\mathcal{E}_1$, et un champ sans tourbillon $\mathcal{E}_2$. Le premier système s'écrit

$$\operatorname{rot}\mathcal{E}_1 = -\frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial t}, \qquad \operatorname{div}\mathcal{E}_1 = 0,$$
$$\operatorname{rot}\mathcal{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{E}_1}{\partial t}, \qquad \operatorname{div}\mathcal{H} = 0.$$

et le second système

$$\operatorname{rot}\mathcal{E}_2 = 0, \qquad \operatorname{grad}\mathcal{A} - \frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{E}_2}{\partial t} = 0, \qquad \operatorname{div}\mathcal{E}_2 + \frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial t} = 0.$$

Le premier système correspond à une propagation par ondes *transversales* avec la vitesse c; le second à une propagation par ondes *longitudinales*, avec la même vitesse. Cette dernière solution est manifestement une solution parasite, inconciliable avec les propriétés connues des ondes électriques.

Il n'en est pas moins vrai que le second système est transformé en lui-même, tout comme le premier, par la substitution de Lorentz, conjointement avec la transformation

$$X'_2 = \frac{1}{\lambda}\left(X_2 - \frac{v}{c}\mathcal{A}\right), \qquad Y'_2 = Y_2, \qquad Z'_2 = Z_2, \qquad \mathcal{A}' = \frac{1}{\lambda}\left(\mathcal{A} - \frac{v}{c}X_2\right),$$

ce qui montre que le quadrivecteur $(X_2 Y_2 Z_2 - \mathcal{A})$ est *covariant*. Les équations du système expriment que son rotationnel est nul, et que la divergence du quadrivecteur associé est nulle. Il y aurait lieu, semble-t-il, d'examiner si cette solution parasite ne possède pas quelque corrélation avec certaines expressions tensorielles non identifiées dans la théorie de M. Eddington.

II. Quoi qu'il en soit, le cadre de la théorie du potentiel-vecteur apparaît comme trop large, ou, plus exactement, mal adapté, car il existe précisément une catégorie de phénomènes électriques (quanta) qu'il est impossible d'y faire rentrer. Or j'ai remarqué qu'il suffisait, dans le cas des perturbations de l'éther étudiées plus haut, de remplacer, dans les formules, le potentiel-vecteur élémentaire $\frac{i}{r}\,d\tau$ par sa composante radiale, pour faire disparaître la difficulté. Le *radio-vecteur* que l'on considère alors a pour composante, selon Ox,

$$\mathcal{R}_x = \int \frac{(x-a)i_x + (y-b)i_y + (z-c)i_z}{r^3}(x-a)\,d\tau.$$

Le système d'équations aux dérivées partielles se dédouble comme précédemment; le premier système n'est pas changé, mais le deuxième est constitué par les équations *pré-quantiques* [1], étudiées dans une Note antérieure.

PHYSIQUE. — *Sur la loi de la viscosité de M. H. Le Chatelier.* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La formule de M. Le Chatelier [2] exprimant la viscosité du verre η en fonction de la température t s'écrit comme suit

$$(1) \quad \log\log\frac{\eta}{\eta_0} = N - Mt, \qquad \text{ou} \qquad \log\eta = \log\eta_0 + 10^{N-Mt}, \qquad \text{ou} \qquad \eta = \eta_0\, 10^{10^{N-Mt}}$$

η_0, M et N sont des constantes.

M. Le Chatelier montre que les données des travaux de Washburn, Shelton et English sont en parfait accord avec la formule (1).

I. Nous voulons d'abord montrer que les données de la viscosité du verre de M. Stott [3] sont également en concordance avec la formule de M. Le Chatelier.

Comme exemple je donne un Tableau correspondant à la figure 8 de M. Stott.

Tableau I.

t	526.	575.	625.	675.	746.	900.	1120.	1312.	1390.
$(\log\eta)_{obs.}$	11,54	10,16	8,65	7,51	6,28	4,29	2,85	1,96	1,80
$(\log\eta)_{calc.}$	11,52	10,06	8,77	7,69	6,37	4,37	2,75	2,01	1,81

$(\log\eta)_{obs.}$ est calculé d'après les données de M. Stott.

$(\log\eta)_{calc.} = 1,1 - 11,3\, e^{-0,0031(t-500)}$.

La même coïncidence est obtenue pour les données empruntées aux autres figures de Stott (*fig.* 7, 11, 12, 13, 15, 16).

Les constantes η_0, M et N sont différentes pour les différents échantillons du verre.

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 963; *Rev. gén. Élect.*, **19**, 24 avril 1926, p. 649.

(2) H. Le Chatelier, *Annales de Physique*, 10e série, **3**, 1925, p. 5.

(3) Vaughan H. Stott, *Journal of the Society of Glass Technology*, **9**, 1925, p. 207.

II. Pour la viscosité des liquides visqueux nous avons également une coïncidence parfaite entre la formule (1) et l'expérience, comme le montrent les calculs de M. Deriaguine, basés sur les données de Thorpe et Rotgen [1] (voir Tableau II).

TABLEAU II. — *Alcool amylique.*

t	0.	20.	40.	60.	80.	100.	120.	130.
$\eta_{obs.} \times 10^6$	87624	43907	24342	14510	9270	6304	4535	3930
$\eta_{cal.} \times 10^6$	87458	44000	24279	14511	9294	6321	4526	3897

$$\eta_{cal.} = \eta_0 \, 10^{10^{N-Mt}},$$

$$\eta_0 = 0,00052723; \quad N = 0,34631; \quad M = 0,003134.$$

Nous trouvons la même concordance pour les autres liquides (Helles Maschinenöl et Ricinusöl d'après Landolt Bernstein, 1, p. 168 et 134).

III. Les expériences nombreuses faites dans mon laboratoire par MM. Deriaguine et Khananov avec la méthode de la sphère tombant ont démontré que la formule de M. Le Chatelier est également applicable à la viscosité de la mélasse et à celle de la solution du sucre dans la glycérine. Les erreurs maxima de l'expérience ne dépassent pas 4 pour 100. L'erreur moyenne varie de 1,21 à 1,51 pour 100.

Nous donnons un exemple de ces relations dans le Tableau.

TABLEAU III. — *Solution du sucre dans la glycérine.*

t	14,02.	19,30.	26,55.	34,50.	50,4.	59,63.	70,04.
$\eta_{obs.}$	460	249	114	50	12,6	6,26	3,06
$\eta_{cal.}$	465	250	113	51	12,6	6,21	3,05

$$\eta_{cal.} = \eta_0 \, 10^{10^{N-Mt}},$$

$$\eta_0 = 0,01; \quad N = 0,7377; \quad M = 0,00489.$$

(1) Voir LANDOLT-BERNSTEIN, *Physik. Tabellen*, 1, 5 Aufl. 1923, p. 151.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les mélanges binaires de liquides volatils. Cas où les deux composants forment une combinaison.* Note [1] de M. **Félix Michaud**, présentée par M. Jean Perrin.

I. J'ai présenté une extension de la théorie thermodynamique des mélanges binaires au cas où l'un des composants est partiellement associé [2].

On peut aborder, de façon analogue, le cas où les deux composants ont des densités de vapeur normales et forment entre eux une combinaison.

Soient encore P_1 et P_2 les pressions de vapeur partielles des deux composantes, P_3 la pression de vapeur partielle de la combinaison. D'après la loi du mélange des vapeurs, la pression totale P de la phase gazeuse est égale à la somme des trois pressions partielles.

Désignons d'autre part par μ_1 la masse moléculaire du composant 1, par μ_2 la masse moléculaire du composant 2 et par $\mu_3 = \alpha\mu_1 + \beta\mu_2$ la masse moléculaire de la combinaison. Soient enfin M_1, M_2 et M_3 les masses de chacune des trois vapeurs dans la phase gazeuse.

La loi des gaz parfaits donne les équations

$$\frac{\mu_1 P_1}{M_1} = \frac{\mu_2 P_2}{M_2} = \frac{\mu_3 P_3}{M_3}.$$

L'analyse des distillats permet en outre d'obtenir la concentration moléculaire apparente y de la vapeur mixte, calculée en supposant qu'il n'y a pas combinaison.

$$y = \frac{\dfrac{M_2}{\mu_2} + \beta\dfrac{M_3}{\mu_3}}{\dfrac{M_1}{\mu_1} + \dfrac{M_2}{\mu_2} + (\alpha+\beta)\dfrac{M_3}{\mu_3}} = \frac{P + \beta P_3}{P + (\alpha+\beta-1)P_3}.$$

La thermodynamique donne enfin d'une part la formule de Duhem-Margules

$$(1-x)\frac{dP_1}{P_1} + x\frac{dP_2}{P_2} = 0,$$

où x est la concentration moléculaire apparente de la phase liquide, calculée en supposant toutes les molécules libres et, d'autre part, l'équation

---

(1) Séance du 4 juillet 1927.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1643.

différentielle d'action de masse

$$\frac{dP_3}{P_3} = \alpha \frac{dP_1}{P_1} + \beta \frac{dP_2}{P_2}.$$

De l'ensemble des relations précédentes on déduit

$$|P + (\alpha + \beta - 1) P_3|^2 \frac{dy}{dP}(y - x) = |P + (\alpha + \beta - 1) P_3| y (1 - y)$$
$$- P_3 [|(\alpha + \beta - 1) y - \beta| |\beta(1 - x) - \alpha x| + \beta(1 - x)];$$
$$P_1 = (1 - y) |P + (\alpha + \beta - 1) P_3| - \alpha P_3; \qquad P_2 = y |P + (\alpha + \beta - 1) P_3| - \beta P_3.$$

2. La discussion de ce système de formules montre que P_3 passe par un maximum quand $x = \frac{\beta}{\alpha + \beta}$. Ainsi donc, lorsque la composition de la phase liquide est la même que celle de la combinaison, la pression de vapeur partielle de la combinaison passe par un maximum, et cela bien que la composition de la vapeur mixte soit alors, en général, très différente.

3. J'ai appliqué la théorie précédente aux mélanges d'oxyde d'éthyle et de chloroforme. Ces deux corps ont des densités de vapeur normales. Ils se combinent molécule à molécule. On constate en effet que le mélange des deux liquides provoque un dégagement de chaleur qui passe par un maximum pour $x = 0{,}5$ (Gutherie, Guglielmo, Haywood, Ryland, Kohnstamm und van Dalfsen, Dolezalek). Il faut donc faire $\alpha = \beta = 1$ dans les équations précédentes.

L'isotherme de pression de vapeur a été construite à 13°,60 au moyen du tensimètre décrit dans un précédent Mémoire ([1]). L'analyse des distillats a été faite en comparant leur densité à celles de mélanges connus. Voici les résultats obtenus. Les pressions sont exprimées en centimètres de mercure à zéro degré. Le composant 1 est l'oxyde d'éthyle.

x.	y.	P.	P_1.	P_2.	P_3.	$\frac{P_1 P_2}{P_3}$.
0,42	0,2	18,7	14,71	2,73	1,26	31,9
0,5	0,277	16,2	11,35	3,55	1,3	31
0,61	0,4	13,8	7,8	4,8	1,2	31,2

4. Il était intéressant de rechercher si la formation de la combinaison est ou non facilitée par la présence d'un corps de fond non volatil. D'après le *théorème des corps solides en excès*, la loi de Duhem-Margules s'applique encore, à condition de désigner par x la composition moléculaire de la phase

([1]) *Ann. de Phys.*, 9e série, 6, 1916, p. 223; *Journ. de Phys.*, 6e série, 4, 1924, p. 548.

liquide, abstraction faite des molécules du corps de fond. Les calculs et les mesures sont alors absolument analogues à ceux indiqués précédemment. Des mélanges saturés d'acide picrique à 12°,75 ont donné

x.	y.	P.	P_1.	P_2.	P_3.	$\frac{P_1P_2}{P_3}$
0,413	0,175	18	14,7	2,5	0,76	49
0,5	0,267	15,5	10	3,9	0,8	

Avec des mélanges saturés d'acétanilide, toujours à peu près à la même température, la constante de la loi d'action de masse est également plus grande que pour les mélanges purs.

Cette action du corps de fond est à rapprocher de leur tendance très nette à rendre plus rectilignes les courbes de pression de vapeur ([1]).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet Volta*. Note de M. **Emmanuel Dubois**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente ([2]) j'ai signalé des variations importantes de l'effet Volta : une électrode métallique, qui a été portée à haute température dans le vide, puis qu'on a laissée refroidir, est devenue électronégative par rapport à son état initial.

Dans le cas d'un chauffage à température moins élevée (à 500° par exemple), certains métaux se comportent différemment : l'argent, l'or, le cuivre et le platine deviennent alors légèrement électropositifs par rapport à leur état initial, et c'est seulement lorsqu'ils ont été portés à température plus élevée (à 1000° par exemple) qu'ils deviennent électronégatifs, les mesures étant effectuées chaque fois après refroidissement de l'électrode chauffée.

Le zinc, l'aluminium, le nickel et le fer ne montrent pas cette complication : ils deviennent de plus en plus électronégatifs à mesure que s'élève la température à laquelle ils ont été portés.

Le résultat final du chauffage est toujours le même : *un métal est devenu électronégatif par rapport à son état initial, s'il a été chauffé à température suffisamment élevée.*

Il est naturel d'attribuer ces variations de l'effet Volta à la disparition,

([1]) *Ann. de Phys.*, 9e série, **6**, 1916, p. 331.
([2]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1424.

sous l'action du chauffage, de certaines impuretés contenues dans les métaux : gaz occlus, sels métalliques, etc.

Nous recherchons donc systématiquement parmi ces diverses impuretés celles susceptibles de produire ces variations de l'effet Volta, variations si considérables, que l'on peut de nouveau mettre en doute *l'existence de l'effet Volta pour les métaux purs*. Un tel travail est fort long. Voici les premiers résultats auxquels nous sommes parvenus :

1° Si l'on chauffe un métal dans l'air, on constate, après refroidissement, qu'il est devenu électronégatif par rapport à son état initial, et ceci, quel que soit le métal chauffé; son oxydabilité plus ou moins grande ne semble pas intervenir;

2° Si l'on distille dans le vide un chlorure alcalin sur un métal, préalablement rendu électronégatif par chauffage dans le vide, le métal devient fortement électropositif.

Ainsi, on avait obtenu avec le couple cuivre-fer les résultats suivants :

	$\frac{Cu}{Fe}$ Volts.
Électrodes neuves	+0,20
Après chauffage de l'électrode de fer dans le vide	−0,60
Après distillation de KCl sur l'électrode de fer	+1,00
Quinze heures après	+0,88

Ici encore il se produisait une variation de l'effet Volta avec le temps : il variait d'abord très vite à partir de + 1,00 volt; puis plus lentement et tendait vers + 0,88 volt. L'électrode recouverte de KCl reste donc en permanence beaucoup plus électropositive que l'électrode neuve.

Les impuretés salines, qui se trouvent normalement à la surface d'un métal et probablement aussi dans la masse même du métal, peuvent donc prendre une part importante des variations observées après un chauffage de ce métal; elles peuvent modifier considérablement les résultats des mesures de l'effet Volta.

MAGNÉTISME. — *Étude magnétique du tétroxyde et du trioxyde de vanadium, mesure du moment atomique du vanadium tétra- et trivalent.* Note (1) de M. **Nicolas Perrakis**, transmise par M. Pierre Weiss.

Récemment (2), l'étude des composés

$$V^2O^2Cl^4 + 5H^2O \qquad \text{et} \qquad VOSO^4 + 3\tfrac{1}{2}H^2O$$

(1) Séance du 27 juin 1927.

(2) Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1430.

m'a permis de fixer deux valeurs du moment de l'ion V^{IV}, l'une de 8 et l'autre de 9 magnétons.

Dans cette Note j'exposerai quelques résultats relatifs à l'étude magnétique de deux oxydes du vanadium, le tétroxyde et le trioxyde [1].

Une particularité commune à ces deux composés est celle-ci : les droites représentatives de $\frac{1}{\chi}=f(T)$ coupent l'axe des températures du côté négatif à des endroits très éloignés du zéro absolu, mettant ainsi en évidence des points de Curie négatifs de plusieurs centaines de degrés.

I. V^2O^4. — Lorsque l'on étudie la variation du coefficient d'aimantation du tétroxyde de vanadium en fonction de la température (l'intervalle de température exploré s'étend de $-79°$ à $+163°$C.), celui-ci décroît de $-79°$ à $+52°$, puis il croît rapidement et à partir de 60° il commence à décroître à nouveau.

La courbe AB de la figure ci-contre traduit la variation de $\frac{1}{\chi}$ en fonction de T. A la droite A, répondant à l'équation $\chi_A(T+398,4)=0,322$, correspond un moment de 7,98 magnétons; quant au moment correspondant à la droite B, représentée par l'équation $\chi_A(T+1,108)=0,992$, il est de 14,00 magnétons.

Or, tandis que le moment de 8 magnétons est un des moments caractéristiques de l'ion V^{IV} (*loc. cit.*), il n'en est pas de même de celui de 14. Tout au contraire, ce dernier serait le moment dominant de l'ion V''' d'après la courbe de Cabrera [2].

On aurait pu attribuer ce changement de moment à une dissociation du tétroxyde en trioxyde. Je me suis assuré que la substance n'est pas altérée. Il reste donc à chercher comment une configuration électronique équivalente à celle caractérisant l'ion V''' vient se substituer, à haute température, à celle de l'ion V^{IV}.

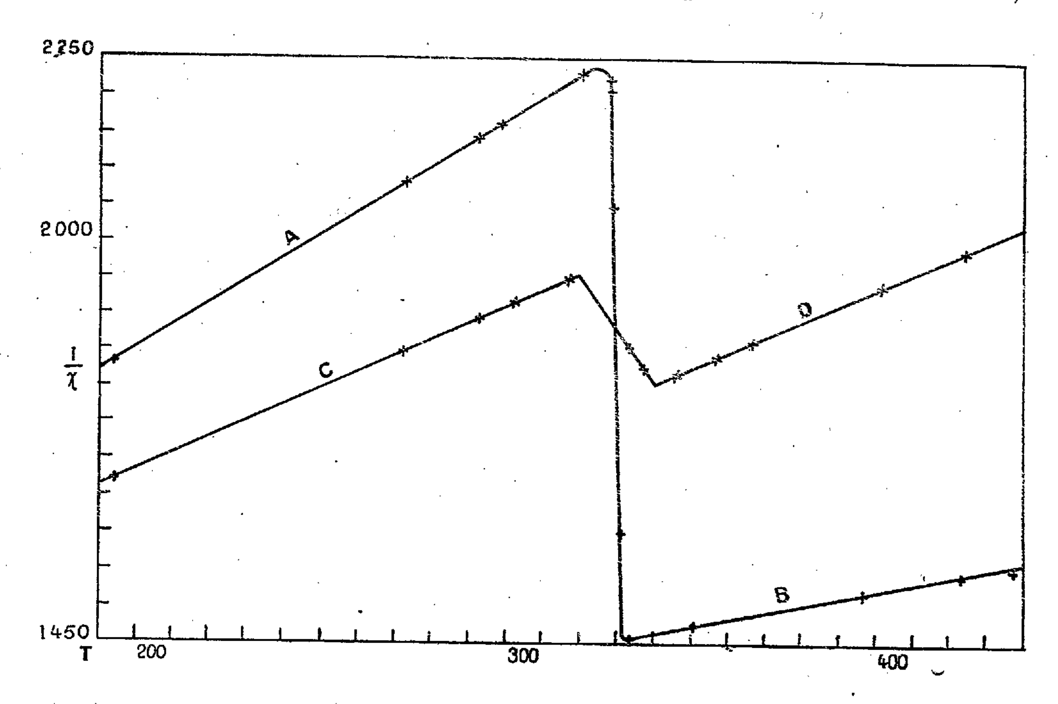
II. V^2O^3. — La courbe CD traduit les résultats de cette étude. Dans

---

(1) L'état de ces deux oxydes, et surtout du trioxyde, doivent être fixés par un chauffage prolongé à des températures inférieures à leurs températures d'oxydation.

(2) En effet l'ordonnée de cette courbe — que Cabrera a tracée en portant en abscisses les nombres d'électrons de l'ion et en ordonnées les moments atomiques exprimés en magnétons — correspondant au nombre d'électrons de l'ion V''' est égale à 14 magnétons. Ce moment, situé entre ceux des ions V^{IV} et Cr''', était prévu par le tracé de la courbe mais il n'avait pas encore été déterminé expérimentalement.

ce cas aussi le coefficient d'aimantation diminue d'une façon régulière de -79° à $+47^\circ$, puis il croît assez rapidement pour décroître à nouveau,



à partir de 67°. Mais ici l'augmentation brusque du coefficient d'aimantation ne donne pas lieu à un changement de moment, mais simplement à un déplacement du point de Curie. En effet, les droites C et D, dont les équations respectives sont $\chi_A(T+483,9)=0,457$ et $\chi_A(T+577,3)=0,460$, conduisent aux valeurs 9,50 et 9,53 magnétons, soit pratiquement à la même valeur de 9,5 magnétons.

Cette valeur du moment atomique de l'ion V''' est d'un demi-magnéton supérieure à celle que j'ai trouvée en étudiant le sulfate de vanadyle (*loc. cit.*).

III. En résumé, tandis que le vanadium à l'état de V^2O^4 possède dans deux intervalles de température bien déterminés deux moments différents, l'un de 8 et l'autre de 14 magnétons, à l'état de V^2O^3 il possède un moment de 9,5 magnétons très voisin du moment dominant de l'ion V^{IV} (9 magnétons).

ÉLECTRICITÉ ET OPTIQUE. — *Quelques observations faites sur le quartz piézo-électrique en résonance.* Note de M. **Edgar-Pierre Tawil**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai présenté l'année dernière ([1]) une Note sur les variations des propriétés optiques qu'éprouve le quartz quand il vibre piézo-électriquement.

J'ai déjà dit que chaque fois que le circuit oscillant qui excitait le quartz passait sur des fréquences correspondant aux fréquences fondamentales ou aux harmoniques du cristal, on notait une apparition de lumière et de figures géométriques.

Je tiens à ajouter que ces figures, qui varient avec les différentes fréquences de résonance, permettent, une fois qu'elles ont été cataloguées, de définir par un simple coup d'œil sur la lame, la fréquence du circuit qui l'excite à ce moment. De plus la netteté des images, qui augmente à mesure que la fréquence du circuit oscillant s'approche d'une des fréquences du quartz, donne le moyen, lorsque cette netteté est maxima, de définir avec une extrême précision le moment où la résonance est atteinte.

Voici maintenant les nouveaux phénomènes que j'ai observés.

Un cristal de quartz taillé piézo-électriquement est disposé entre des armatures reliées à un circuit oscillant. J'ai pu constater que lorsque le cristal vibrait un souffle très puissant pour la fondamentale et les premiers harmoniques, se dégageait sur une ou plusieurs faces du cristal, celles-ci pouvant être parallèles ou normales à l'axe optique. L'étude a porté sur des cristaux taillés de diverses façons : lames minces ou épaisses, cubes, disques, cylindres, etc. Ce souffle, capable de repousser des corps légers (papiers, poudre de liège, etc.) et même d'éteindre la flamme d'un arc électrique, n'émane pas d'une façon régulière de toute la surface du quartz. On observe des points privilégiés, et ce souffle, mis en évidence à l'aide de moyens appropriés, ne se propage pas non plus nécessairement dans une direction normale à la surface du cristal. Il est difficile de se procurer du quartz parfaitement homogène, aussi la diversité des résultats obtenus avec des cristaux quelconques complique-t-elle l'étude des phénomènes. Néanmoins on peut affirmer que ce souffle résulte d'une pression de radiation due à l'ultra-son. Il m'a été facile d'en établir la preuve. A cet effet, j'ai

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1099.

disposé en regard d'une des faces du cristal émettant le souffle, un écran constitué par un corps quelconque, formant réflecteur. En projetant de la poudre de lycopode entre l'écran et le quartz il se forme sur la platine supportant l'ensemble des raies très nettes et très régulières. La distance entre deux raies consécutives est fonction de la fréquence à laquelle vibre le cristal et de la vitesse de propagation du son dans l'air. Cette expérience, quoique établie dans des conditions et un milieu différents, est à rapprocher de celle faite par M. Langevin avec l'appareil de sondage sous-marin.

En déplaçant l'écran, soit en faisant varier son incidence, soit en l'approchant ou en l'éloignant, les raies se déplacent aussi. En rapprochant suffisamment l'écran et en projetant une poudre légère certains grains n'atteignent pas la platine mais se tiennent en suspension dans des zones bien délimitées. Une perturbation étrangère déplace ces grains qui gagnent une zone voisine horizontale ou verticale. Je signale ici la possibilité de définir directement, et d'une façon très simple, la fréquence à laquelle vibre un cristal de quartz en mesurant la distance qui sépare deux raies ou nœuds de vibrations.

L'expérience m'a permis de constater qu'en approchant ou éloignant l'écran, on arrivait pour certaines positions se retrouvant à chaque demi-longueur d'onde dans l'air à amortir ou par contre à intensifier très fortement les vibrations du quartz par suite de la réflexion des ondes ultra-sonores.

Cela était à prévoir, mais cette remarque ne manque pas d'intérêt, car elle permet de se mettre en garde contre l'influence perturbatrice que peuvent avoir des corps (armatures, supports, etc.) placés sans discernement au voisinage d'un quartz en vibration.

Si l'on saupoudre une face horizontale d'un quartz en vibration (que cette face soit normale ou parallèle à l'axe optique) d'une poudre légère, on voit celle-ci s'animer de mouvements les plus divers. Parfois elle est projetée violemment en l'air, parfois elle chemine sur la surface du cristal, d'une façon régulière, la poudre partant de certaines zones calmes (nœuds de vibrations) pour gagner sous la forme d'un courant des points déterminés. On obtient souvent des figures géométriques. Ces figures sont comparables à celles que j'ai déjà observées en lumière polarisée sur des harmoniques simples. Parfois aussi ces mouvements sont tourbillonnaires, circulaires ou elliptiques. Les frottements ou martelage de la poudre sur le cristal sont violents. Il arrive, si la poudre est métallique, que la surface

du cristal soit métallisée. Cette métallisation par sa nature et son adhérence est comparable à celle produite par projection cathodique.

C'est un fait constant, qu'un cristal placé dans une position quelconque entre des armatures tend à se déplacer soit pour s'engager plus avant dans les armatures, soit au contraire pour en sortir. Un cylindre de quartz monté entre deux pointes situées suivant l'axe du cylindre lequel est parallèle à l'axe optique et pouvant tourner librement entre deux armatures fixes tourne sur lui-même quand on admet le courant et semble vouloir, tout comme précédemment la lame, occuper une position privilégiée. Il n'est pas certain qu'il faille toujours attribuer ce phénomène à la pression de radiation. En effet, qu'il s'agisse de la lame ou du cylindre, le déplacement n'est pas quelconque, la position privilégiée est, pour des conditions égales, toujours la même. Au moment où elle est atteinte un freinage très caractéristique se produit tout comme si le cristal butait contre un corps élastique. On pourrait y voir une corrélation entre le champ électrique appliqué et les axes piézo-électriques et d'autre part entre la fréquence du champ et les noeuds de vibrations mécaniques du cristal.

Il arrive parfois que le cylindre de quartz monté entre pointes se mette à tourner d'une façon continue. Dans ce cas, on doit admettre que c'est le souffle qui se dégageant obliquement vient frapper les armatures et provoque la rotation à la façon d'une turbine.

POLARIMÉTRIE. — *Dispersion rotatoire naturelle, dans l'ultraviolet, de solutions aqueuses des tartrates neutres de sodium, de potassium, d'ammonium.* Note de M. **R. Descamps**, présentée par M. A. Cotton.

Les pouvoirs rotatoires des solutions aqueuses de tartrate neutre d'ammonium (16,24 pour 100, à 19°,0, jusqu'à $\lambda = 2810$) et de tartrate sodicopotassique (18,75 pour 100, jusqu'à $\lambda = 3090$) ont été observés dans l'ultraviolet par P.-G. Nutting (1). Au moyen d'un spectropolarimètre photographique spécial (2) (3), j'ai réalisé d'autres expériences dont les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-après.

Les courbes de dispersion rotatoire $[\alpha]$, λ^2 des solutions nos 2, 3, 4 et 5

(1) *Physical Review*, 17, 1903, p. 1.

(2) A. Cotton et R. Descamps, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 22.

(3) R. Descamps, *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 481-501.

s'élèvent régulièrement à mesure que la longueur d'onde décroît, mais elles atteignent un maximum situé entre $\lambda = 3022$ et $\lambda = 2894$; puis les courbes s'affaissent brusquement et les rotations changent de signe. D'après Lowry et Austin ([1]), il faut des formules à deux termes pour représenter les pouvoirs rotatoires des tartrates des métaux alcalins dans l'étendue du spectre visible : l'anomalie des courbes de dispersion des solutions ici étudiées confirme leur conclusion.

Les courbes des solutions n°s 2 et 3 se coupent entre $\lambda = 2804$ et $\lambda = 2652$.

Les résultats numériques obtenus par Nutting avec le tartrate d'ammonium donnent une courbe de dispersion $[\alpha]$, λ^2 qui s'élève régulièrement sans anomalie apparente, tandis que la solution n° 4 de tartrate d'ammonium ici étudiée présente un maximum situé entre $\lambda = 3022$ et $\lambda = 2894$. Les variations des pouvoirs rotatoires de ce corps avec la concentration semblaient insuffisantes pour expliquer ce désaccord. C'est pourquoi j'ai réalisé la solution n° 5 contenant $18^g,4275$ de tartrate neutre d'ammonium dans 100^{cm^3} à 23° : elle donne une courbe de dispersion qui, au delà de $\lambda = 3090$ environ, ne coïncide plus avec celle du tartrate de Nutting. Cet auteur a observé : $[\alpha]\lambda\,3580 = 94°,7$; $[\alpha]\lambda\,3310 = 104°,3$; $[\alpha]\lambda\,3090 = 117°,4$ et $[\alpha]\lambda\,2810 = 132°,7$.

Récemment ([2]), j'ai montré que dans les limites des erreurs d'expérience possibles, la règle de Darmois se vérifie dans l'étendue du spectre ultraviolet avec quatre solutions aqueuses d'acide tartrique. Les droites de Darmois des solutions n°s 2, 3, 4 et 5 des tartrates, ainsi que celles de la solution n° 1 (renfermant de l'acide tartrique partiellement neutralisé avec de la soude), ne convergent pas au point d'intersection de celles de ces solutions d'acide tartrique. Cela est en accord avec les observations faites dans le spectre visible par L. Longchambon ([3]); si l'écart est petit dans le spectre visible, il est considérable avec les droites de Darmois qui joignent les points $\lambda = 5461$ et $\lambda = 2652$, par exemple.

Il résulte de mes expériences dans l'ultraviolet, qu'en passant d'une solution d'acide tartrique à celle du tartrate par la neutralisation progressive de l'acide avec un alcali, les droites de Darmois (pour $\lambda = 5461$ et $\lambda = 2652$, par exemple), qui correspondraient aux stades de la neutra-

---

([1]) *Phil. Trans. of. Roy. Soc.*, série A, **222**, 1922, p. 249-308.
([2]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1543.
([3]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 959.

Poids de substance contenus dans 100$^{cm^3}$ de solution aqueuse à la température de 23° ± 0°,1.

		N° 1. Acide tartrique 0,9969 gr. + 26$^{cm^3}$,6 sol. Na OH $\frac{N}{5}$.			N° 2. Tartrate neutre de potassium $C^4H^4O^6K^2.\frac{1}{2}H^2O$: 0,9979 gr. (0,9596 gr. de sel anhydre).			N° 3. Tartrate neutre de sodium $C^4H^4O^6Na^2.2H^2O$: 1,0986 gr. (0,9267 gr. de sel anhydre).			N° 4. Tartrate neutre d'ammonium $C^4H^4O^6(NH^4)^2$: 0,9981 gr.			N° 5. Tartrate neutre d'ammonium $C^4H^4O^6(NH^4)^2$: 18,4275 gr.
	λ.	α.	$[\alpha]^{23°}$.	e (*).	α.	$[\alpha]^{23°}$.	e.	α.	$[\alpha]^{23°}$.	e.	α.	$[\alpha]^{23°}$.	e.	$[\alpha]^{23°}$.
Détermin. visuelles ép. = 7,5 dm.	5780	1°,94	26°,08		2°,00	27°,79		2°,17	31°,32		2°,55	34°,06		
	5461	2,16	29,02		2,27	31,54		2,51	36,11		2,89	38,61		
	4358	3,11	41,58		3,58	49,74		3,95	56,55		4,49	59,98		
Déterminations photographiques ép. = 1,496 (n°s 1, 2, 3, 4; 0,5541 (n° 5).	4047	0,69	46,27	1°,37	0,86	59,21	1°,43	0,95	68,53	1°,49	1,07	71,66	1°,46	75°,11
	3650 / 3655	0,71	47,61	1,37	0,99	68,96	1,44	1,13	81,51	1,49	1,27	85,06	1,40	91,05
	3342	0,55	36,88	1,69							1,42	95,10	1,67	106,55
	3132	0,25	16,76	1,42	1,21	84,28	1,52	1,33	95,94	1,50	1,53	102,47	1,48	113,70
	3022	—0,03	— 2,01	1,41	1,25	87,08	1,52	1,35	97,39	1,50	1,58	105,82	1,48	115,95
	2967				1,26	87,77	1,45	1,36	98,10	1,65				
	2894				1,21	84,28	1,52	1,33	95,94	1,64	1,55	103,81	1,63	112,72
	2804	—1,54	—103,26	1,61	1,04	72,44	1,65	1,20	86,50	1,78	1,35	90,42	1,67	105,28
	2652	—4,01	—268,88	1,58	0,61	42,49	1,63	0,48	34,62	1,60	0,80	53,58	1,58	66,01
	2536				—0,36	—25,07	1,69	—0,41	—29,57	1,68	—0,34	— 22,77	1,62	— 21,15
Moy. des erreurs possibles (dét. phot.) sur [α].				1,49			1,54			1,59			1,55	0,24
sur α...		0,022			0,022			0,022			0,023			0,025

(*) Les nombres contenus dans les colonnes *e* représentent les erreurs possibles sur les [α] correspondants (y compris l'influence d'une erreur de 0^{mm},1 dans le calibrage de la cuve de 1,496 dm). On n'a pas tenu compte d'une variation de température de 0°,1.

lisation, se coupent en des points situés le long d'une ligne déterminée. Il n'est pas exact d'admettre, comme le faisait F. Vellinger [1] à la suite de mesures faites dans le spectre visible seulement, que ces droites et celles des solutions d'acide tartrique se coupent en un même point.

ÉLECTROCHIMIE. — *Nouveau procédé de préparation du bore.* Note de M. **L. Andrieux**, présentée par M. G. Urbain.

Dans les tentatives qu'ils ont faites pour préparer le bore par électrolyse, Hampe, Moissan, Stähler et Elbert, Zschille [2] et Kahlenberg [3], ont employé des borates alcalins ou de l'anhydride borique rendu conducteur par un borate ou un autre sel alcalin. Ils n'ont obtenu que de faibles quantités de bore très impur : dans les expériences de Zschille la teneur du produit séparé, desséché à l'air à 110°, ne dépasse pas 61 pour 100 de bore, et dans les essais de Stähler et Elbert le rendement du courant est seulement de 12 pour 100.

En répétant les essais des auteurs précédents, je n'ai pas obtenu de meilleurs résultats. J'ai alors tenté d'appliquer à la préparation du bore la méthode d'électrolyse que j'ai indiquée dans ma dernière Note [4].

Si l'on fait passer le courant dans un bain obtenu en fondant, dans les proportions

$$2B^2O^3 + MO + MF^2,$$

un mélange d'anhydride borique, d'un oxyde métallique et du fluorure de ce même métal, on recueille à la cathode soit le métal M, soit un borure de ce métal mélangé à une quantité plus ou moins grande de bore. Dans le premier cas l'oxyde MO seul est décomposé; dans le second cas, le métal M, séparé par réaction primaire, réduit l'anhydride borique du bain qui l'environne et libère du bore qui se combine avec lui en partie ou en totalité. En électrolysant, entre 1000 et 1200°, des bains dont la composition est donnée par la formule précédente et qui permettent d'obtenir à l'état naissant les divers métaux susceptibles de réduire l'anhydride borique, voici ce qu'on peut observer.

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1011.
(2) Voir *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 126.
(3) H.-H. Kahlenberg, *Trans. Amer. Electrochem. Soc.*, **47**, 1925, p. 23.
(4) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 91.

Lorsque le bain est constitué par un borate et un fluorure alcalins, les résultats sont analogues à ceux que l'on a obtenus jusqu'ici avec le borax ou le borate de potassium seuls.

Si M est un métal terreux ou alcalino-terreux, le dépôt cathodique est formé surtout par un borure de ce métal. Pourtant, dans le cas du magnésium, le produit séparé peut être constitué en presque totalité par du bore.

Ainsi, en électrolysant à 1100° le mélange $2B^2O^3 + MgO + MgF^2$ dans un creuset de charbon de cornue servant d'anode, on obtient, sur la cathode constituée par une baguette de fer placée dans l'axe du creuset, un dépôt de bore aggloméré par une partie solidifiée de l'électrolyte. Le produit, pulvérisé, traité par l'acide chlorhydrique, laisse un résidu de bore amorphe qui, desséché dans le vide à 110°, titre jusqu'à 92 pour 100 de bore; le rendement du courant atteint 95 pour 100.

Ces recherches montrent que l'on peut préparer par électrolyse, et avec un bon rendement, du bore aussi pur que celui que l'on obtient par le procédé de Moissan. On peut d'ailleurs purifier le bore ainsi obtenu en le fondant dans une atmosphère d'hydrogène sec, d'après la méthode de Weintraub (¹).

Le procédé électrolytique précédent a l'avantage, sur celui de Moissan, d'éviter l'emploi du magnésium métallique en utilisant des composés communs du magnésium. En outre il permet une préparation continue, car on peut retirer la cathode du bain et la changer en cours d'opération sans craindre la combustion du bore.

PHOTOCHIMIE. — *L'influence de l'éclairage préalable et les infractions à la loi de réciprocité en photographie*. Note de M. **Josef Hrdlička**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai vérifié expérimentalement les résultats que la théorie permet de prévoir sur l'influence de l'éclairage préalable sur les courbes caractéristiques relatives à divers éclairements (²). En supposant que l'effet photochimique des deux poses successives t_0 et t est le même que celui d'une pose unique de durée $T = t_0 + t$, on peut construire graphiquement les courbes du noircissement par une émulsion donnée ayant subi l'éclairage préalable

(¹) E. Weintraub, *J. Ind. Engin. Chem.*, 3, 1911, p. 299; 5, 1913, p. 112.

(²) J. Hrdlička, *Science et Industries photographiques*, 7, 1927, p. 13.

de durée t_0

$$D = \varphi(I \times T) = \psi(I \times t),$$

où D est la densité de l'image photographique, φ la fonction du noircissement pour l'émulsion sans voile, ψ la fonction du noircissement de la même émulsion, dont les propriétés ont été modifiées par l'éclairage préalable, I l'intensité de la lumière. Si de toutes les densités de la courbe obtenue avec la plaque préalablement voilée on déduit uniformément la densité du voile préalable correspondant à un éclairage de durée t_0, on obtient l'expression

$$D' = \psi(I \times t) - \varphi(I \times t_0).$$

Les expériences ont été effectuées avec un spectrographe Hilger à optique de verre à déviation constante pour deux éclairements produits par une lampe à incandescence fonctionnant sous deux tensions différentes (90 et 45 volts). Les plaques Lumière ortho jaune et vert, antihalo étaient développées 3 minutes dans un révélateur métol-hydroquinone-soude non bromuré à la température 17-18° C. Les expériences ont été faites avec une lumière de longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},5610$ et pour les densités suivantes de l'éclairage préalable : 0,70, 1,00 et 1,50. Les mesures des densités ont été faites à l'aide du microphotomètre de MM. Fabry et Buisson pour la lumière monochromatique.

Dans le cas où l'éclairage préalable et les poses successives sont faites précisément avec la même intensité, j'ai trouvé une très bonne concordance entre les résultats prévus et expérimentaux. Le voile préalable diminue l'accroissement des densités $\frac{dD}{d\log t}$ d'autant plus que l'éclairement est plus faible. La différence de densités (la correction du voile préalable)

$$\Delta = \psi(I \times t) - \varphi(I \times t)$$

diminue pour les densités croissantes de l'image et s'annule pour la densité maxima. Pour la région rectiligne de la courbe (D, log T), où

$$\frac{dD}{d\log T} = \text{const.} = \gamma,$$

on peut alors obtenir l'expression suivante pour la valeur de la densité après éclairage préalable :

$$D = V + \gamma \log\left(1 + \frac{t}{t_0}\right),$$

où V est la densité du voile préalable correspondant à une durée d'exposi-

tion t_0. Cette relation conduit pour l'accroissement des densités à la formule

$$\frac{dD}{d\log t} = \gamma \frac{t}{t_0 + t}.$$

Il faudra encore examiner l'accord de ces résultats avec la méthode de R. W. Wilsey (¹) sur la correction du voile.

RADIOACTIVITÉ. — *Effet spécial du polonium, du rayonnement solaire et de la haute tension sur le plomb.* Note de Mlle **St. Maracineanu**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note précédente j'ai exposé les premières recherches sur du polonium, déposé sur du plomb et soumis au rayonnement solaire (²). Puis, d'après l'idée de M. Deslandres, nous avons fait intervenir aussi l'action d'une haute tension de 120000 volts, fournie par le grand transformateur à tension constante de l'Observatoire de Meudon.

Dans toutes ces expériences le polonium en solution très faiblement chlorhydrique a été déposé sous forme de goutte sur des lamelles de plomb de $0^{mm},1$ d'épaisseur. Une fois la goutte séchée, on mesure le courant d'ionisation donné par la face opposée à celle qui porte le polonium, toutes les précautions étant prises pour empêcher le rayonnement du côté du polonium. Ces expériences peuvent être classées en quatre séries : 1° lamelles non exposées; 2° lamelles exposées respectivement à une haute tension (120000 volts) positive ou négative (lamelles mises sur un isolant); 3° lamelles exposées en même temps au Soleil et à la haute tension; 4° lamelles exposées au rayonnement solaire seulement. La durée de l'exposition en général est de quelques secondes pour la haute tension et de quelques minutes pour le Soleil.

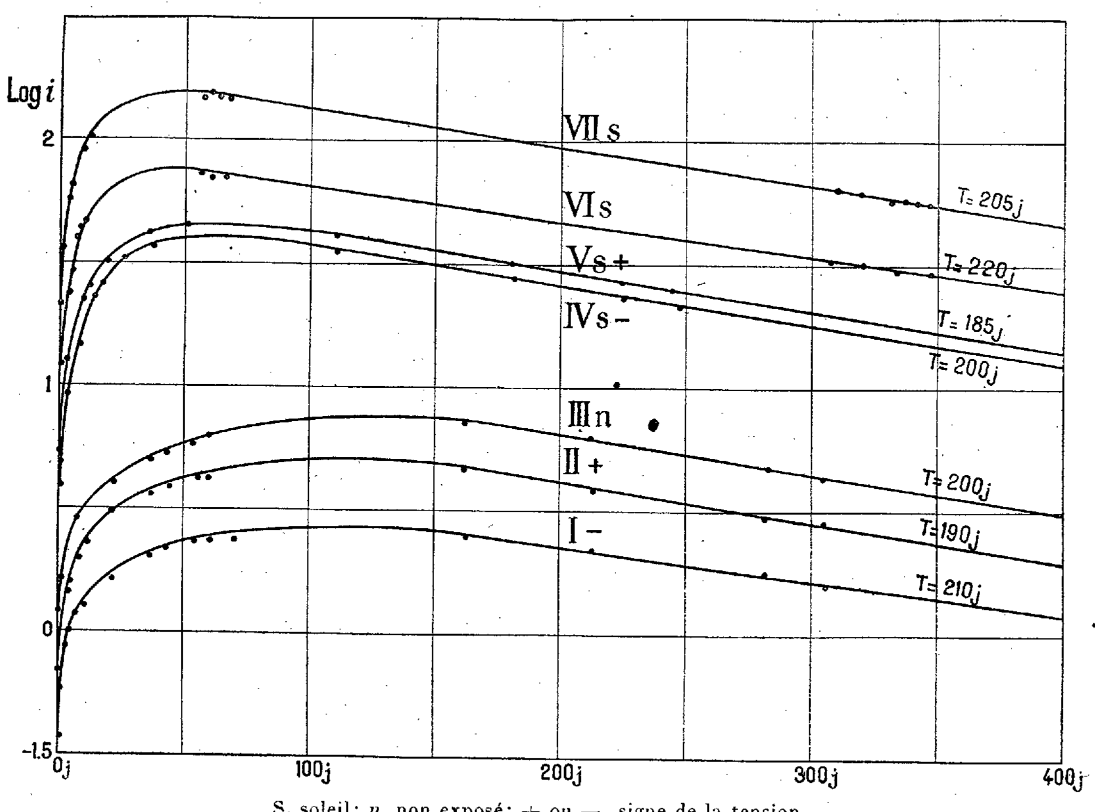
Dans tous ces cas on obtient un courant d'ionisation donné par le côté opposé à celui qui porte le polonium (tel qu'on le voit sur les courbes ci-contre) Ce courant faible au début augmente ensuite chaque jour de lui-même, sans aucune autre cause extérieure.

On voit ces courbes former deux groupes bien distincts : *a*, lamelles non exposées ou bien exposées seulement à une haute tension, et *b*, lamelles

(¹) R. W. Wilsey, *Photographic Journal*, 65, 1925, p. 454.

(²) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 345.

exposées à l'action solaire seule ou complétée par la haute tension. Dans les deux groupes, l'action de la haute tension, surtout celle de la tension négative, est d'abaisser la valeur du courant d'ionisation, en même temps que de faire apparaître des rayons β; l'action du Soleil augmente au contraire de beaucoup de courant. La valeur de ce courant est très faible pour la première série (variant au début de 0,0004 à 0,0007 de la valeur du polonium déposé à l'endroit). Il n'est mesurable d'une manière exacte qu'à



S, soleil; *n*, non exposé; + ou —, signe de la tension.

l'aide de l'électromètre très sensible Szilard. La valeur du courant devient surprenante, jusqu'à 10 fois plus forte que la précédente dans le cas de l'action solaire et elle peut être mesurable à l'aide de l'électromètre à quadrants en utilisant le compensateur en quartz [1].

---

[1] Courant d'ionisation au maximum 500s en 34 secondes pour une lamelle dont le polonium déposé était au début de 400s en 11,3 secondes (2,7 E. S., quartz 7,22 E. S. pour 1000s.

Dans toutes ces expériences la valeur du polonium déposé était la même ou presque la même. On a vu que le courant d'ionisation donné par le côté opposé est proportionnel à la valeur initiale du polonium déposé (¹).

La nature du rayonnement développé sur la face opposée à celle qui porte le polonium est α et il ne peut pas provenir du polonium lui-même, car 0,1 Al arrête tout son rayonnement α et les lamelles utilisées avaient $0^{mm},1$ de Pb.

Dans le cas de l'exposition à une tension négative on constate aussi (comme nous l'avons déjà dit) l'apparition d'un rayonnement β, donnant un courant d'ionisation 5,5 pour 100 du courant α (cas de la tension négative simplement) et 0,66 pour le cas Soleil et tension négative, ce qui expliquerait pourquoi la haute tension négative diminue la valeur du courant d'ionisation.

Ces phénomènes ont été expliqués par certains physiciens soit par une diffusion du polonium dans la masse du plomb, soit par un déplacement de la surface active d'une face sur l'autre de la lamelle en passant par les bords. Sans entrer dans des détails, nous avons des preuves contraires (²).

Si l'on considère l'allure des courbes, ce courant d'ionisation qui augmente chaque jour de lui-même passe par un maximum, descend ensuite d'après une loi exponentielle, ainsi qu'il se passe, quand une substance radioactive prend naissance, se développe et se détruit, je pense qu'il y a formation d'une substance radioactive nouvelle dans la masse du plomb.

Remarques sur la Communication précédente, par M. **Deslandres**.

Les recherches déja anciennes, exposées ci-dessus par Mlle Maracineanu, sont intéressantes, mais complexes. On fait agir à la fois sur la lamelle de plomb le polonium et son rayonnement, le rayonnement du Soleil et aussi une forte tension électrique, positive ou négative; mais il faut distinguer entre ces actions diverses. La première, celle du polonium, est permanente et continue; les deux autres, dues au Soleil et à la tension électrique, interviennent au début seulement et pendant quelques minutes ou secondes.

Le polonium émet, comme on sait, un rayonnement α intense, et peut-

(¹) Pour la courbe VII la valeur du polonium est double des autres.

(²) Ne fût-ce que la photographie de la distribution de la substance active sur la lamelle et aussi le fait qu'il n'y a pas de polonium perdu à l'intérieur de la lamelle.

être un peu de rayonnement γ; or, les rayons α du polonium sont arrêtés par la lamelle de plomb; mais ils peuvent donner naissance à un rayonnement de protons + H, plus pénétrant, qui est susceptible de jouer un rôle dans le phénomène. Quant au Soleil et à la tension électrique, dont l'intervention est très courte, ils agissent vraisemblablement pour déclencher dans des atomes certaines actions de nature explosive, qui s'étendent peu à peu à d'autres atomes et persistent beaucoup plus longtemps [1].

Nous avons voulu présenter d'abord les faits eux-mêmes : mais leur interprétation exacte exigera des recherches plus longues.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la vitesse de dissolution des alliages du magnésium ultra-légers.* Note de MM. **Albert Portevin** et **Étienne Pretet**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La vitesse de dissolution ou de corrosion des alliages de magnésium ultra-légers dans diverses solutions acides ou salines a été étudiée comparativement par trois méthodes :

1° Par perte de poids;
2° Par mesure des dégagements gazeux;
3° Par la méthode thermique de Mylius.

1° La détermination de la perte de poids peut être entachée d'erreurs lorsqu'il se forme un dépôt à la surface de l'échantillon, ce qui oblige à nettoyer cette dernière; elle ne se prête qu'à des mesures discontinues interrompant et pouvant modifier la marche du phénomène; en l'absence de ces causes perturbatrices, on obtient généralement des résultats concordant avec la méthode par mesure du dégagement gazeux conformément à l'équation de la réaction.

2° La méthode par mesure du dégagement gazeux, utilisée notamment par Ostwald, Centnerszwer, Chaudron et Wäché, permet par contre un enregistrement continu du phénomène; en dehors des précautions expérimentales d'usage nous avons été conduits finalement à adopter des échantillons en forme de plaquette de $20 \times 15 \times 2^{mm},5$ à contour protégé par un enduit

(1) L'action explosive a cette particularité que l'énergie extériorisée est supérieure de beaucoup à l'énergie apportée au début. Dans les belles expériences de Rutherford sur l'émission de protons rapides par des lames métalliques que traversent des particules α, l'énergie cinétique du proton est supérieure à celle de la particule.

de cire et disposés verticalement dans le réactif d'attaque pour les raisons suivantes :

a. Les lingots cylindriques d'alliages et les barres qui en proviennent ne sont jamais rigoureusement homogènes, leur axe de révolution est un axe d'hétérogénéité chimique, et il importe par suite que la barre et l'échantillon aient même axe de symétrie ou au moins un plan de symétrie commun.

b. Le rayon de courbure superficielle (et par suite les angles vifs) et l'incidence de la surface par rapport à la verticale ont une influence notable sur la vitesse de dissolution si l'on prolonge l'attaque.

c. Il est bon de pouvoir exprimer la surface, le volume et le poids de l'échantillon en fonction simple d'une seule dimension. Ces trois conditions nous ont fait abandonner l'emploi d'échantillons cubiques ou cylindriques.

Dans ces conditions, les courbes du dégagement gazeux en fonction du temps ont permis d'obtenir, après une période d'induction de durée variable et pour des alliages de Mg contenant 4 à 5 pour 100 de Al, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn dans les solutions décinormales de HCl ou d'acide citrique, des coefficients de Boguski demeurant sensiblement constants dans le temps.

Ce coefficient de Boguski, ou constante de dissolution K, est donné dans le cas présent par la formule

$$K = \frac{11\,200 \times 2303\,V}{S t} \log_{10} \frac{11\,200 \times C_0 V}{11\,200 \times C_0 V - v},$$

S étant la surface de l'échantillon, t le temps, v le volume gazeux, C_0 la concentration, V le volume du réactif.

Les résultats numériques sont donnés ci-après.

Par contre, en employant des échantillons cylindriques, la loi de Boguski n'est pas vérifiée et l'on ne peut assigner de valeur caractéristique à K.

3° Dans la méthode thermique de Mylius, on observe l'élévation de température résultant de l'attaque d'un échantillon de dimensions fixes ($50^{mm} \times 10^{mm} \times 2^{mm},5$) dans 20^{cm^3} de réactif à 20° contenu dans un tube en verre de forme déterminée; au bout d'un temps t la température passe par un maximum θ. L'indice de réaction (Reaktions Zahl) $n = \frac{\theta}{t}$.

Nous avons obtenu les résultats numériques suivants :

	Acide chlorhydrique. décinormal.		Acide citrique. décinormal.	
	Coef. de Boguski.	Indice de réaction.	Coef. de Boguski.	Indice de réaction.
Mg pur	2,540	4,67	1,480	1,91
Alliage à 4,2 pour 100 Al	2,160	3,51	2,200	1,97
» 4,1 pour 100 Cd	3,200	7,91	5,300	4,87
» 4,6 pour 100 Cu	3,070	5,67	3,020	2,67
» 4,1 pour 100 Ni	8,600		1,600	2,13
» 4,8 pour 100 Pb	3,130	6,83	3,500	2,93
» 4,5 pour 100 Zn	3,060	6,33	5,000	3,50

Dans l'ensemble, l'ordre de classement par les deux méthodes est le même pour un même réactif, à part quelques inversions pour les alliages voisins comme attaquabilité.

Par contre, suivant le réactif, le classement peut être très différent; c'est ainsi que l'alliage au Ni, très corrodable par HCl l'est relativement peu par l'acide citriqne.

Par ailleurs, la comparaison des courbes de dégagement gazeux sur échantillons cylindriques a montré que les alliages au Ni et au Cu étaient les plus attaquables dans l'eau saturée de NaCl, que l'alliage au Cu était très attaquable par la solution à 0,5 pour 100 de $MgCl^2$ et que tous les alliages ultra-légers étaient à peine attaqués par la solution à 0,5 pour 100 de soude, contrairement aux alliages légers d'aluminium industriels.

Dans tous les cas, pour tous les réactifs utilisés, le magnésium pur est moins attaquable que les alliages ultra-légers expérimentés et la présence de silicium dans le magnésium influe sur la corrodabilité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination ébullioscopique de quelques complexes.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

I. Dans une Note précédente [1], l'étude ébullioscopique des mélanges de chlorure de potassium et de chlorure de cadmium nous a conduits à penser que de telles solutions étaient formées par un mélange de deux complexes $[CdCl^4]K^2$ et $[CdCl^3]K$. Nous avons justifié l'existence du premier et déterminé sa constante d'affinité en examinant les mélanges de solutions

(1) F. Bourion et P. Rouyer, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 598.

non équimoléculaires de ClK et de Cl^2Cd, la concentration du premier sel étant supérieure à celle du second.

Il restait à montrer que seule la combinaison $[CdCl^3]K$ prenait naissance lorsque le chlorure de cadmium était en excès. En mêlant un volume $1-x$ de la solution de ClK à un volume x de la solution de Cl^2Cd, on a :

Conc. Cl^2Cd.	Conc. ClK.	x max.	k_0.	k_1
3,000	0,500	0,42	2,35	—3,41
3,000	0,375	0,427	2,97	—1,94
3,000	0,300	0,408	3,65	—4,33

k_0 et k_1 correspondant respectivement à $[CdCl^3]K$ et $[CdCl^4]K^2$; le signe négatif de k_1 rend inacceptable la formation du second. Quant à k_0 qui est positif, il ne possède pas tout à fait la constance qui correspondrait à l'existence du seul complexe $[CdCl^3]K$; il est vraisemblable que, vu la faible affinité relative de ce dernier, une proportion appréciable du complexe $[CdCl^4]K^2$ subsiste encore dans les deux premiers mélanges, ce qui empêche l'observation d'une bonne constance pour k_0. Pour réaliser cette dernière condition, on devrait utiliser des solutions beaucoup plus étendues de ClK; mais les phénomènes deviennent si petits que leur interprétation est illusoire. Il semble toutefois que l'on puisse fixer vers 3,5 la constante d'équilibre relative à $[CdCl^3]K$.

II. *Chlorure mercurique et bromure de potassium.* — On a d'abord fait l'étude des solutions équimoléculaires à 1,75 M :

$x(Cl^2Hg)$..	0,10	0,15	0,175	0,1875	0,200	0,2125	0,225	0,250
Écart......	0°,169	0°,254	0°,295	0°,306	0°,318	0°,329	0°,350	0°,381
x.........	0,30	0,333	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
Écart......	0°,406	0°,423	0°,442	0°,420	0°,376	0°,286	0°,200	0°,103

les élévations relatives au chlorure mercurique étant estimées en prenant la totalité de ce sel, quel que soit son état moléculaire.

Le maximum correspond à $x=0,4$ et à la composition $2Cl^2Hg, 3BrK$. Nous avons vainement multiplié les observations dans la région $x=0,2$ dans le but de faire apparaître un maximum relatif à la réaction

$$4BrK + 2Cl^2Hg \rightleftharpoons [HgBr^4]K^2 = 2ClK,$$

que les recherches spectrographiques de M. P. Job (¹) ont mis très nettement en évidence à la température ordinaire.

(¹) P. JOB, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1932.

La courbe étant la même que pour les mélanges de chlorure mercurique et de chlorure de potassium, nous admettrons, par analogie, la formation d'un mélange de complexes $\left[Hg^{Cl^2}_{Br^2}\right]K^2$ et $\left[Hg^{Cl^2}_{Br}\right]K$, où la première combinaison domine.

Avec des solutions non équimoléculaires, nous avons observé :

Conc. BrK.	Conc. Cl²Hg.	x max.	k_1.	k'.	k''.
3,000	0,600	0,65	0,0108	−6,97	−0,178
3,000	0,673	0,675	0,0461	−0,186	−12,64
3,000	0,250	0,73	0,0294	−2,30	−44,9

k_1, k' et k'', correspondant respectivement aux complexes $[HgCl^2]K^2$, Cl^2Hg, $4BrK$ et $[HgBr^4]K^2$ (par double décomposition). Les valeurs négatives de k' et k'' ne sauraient convenir. Mais d'autre part, la mauvaise constance de k_1 est l'indice de réactions complexes, où il y a probablement coexistence de produits d'addition et de double décomposition. De plus, en opérant avec de faibles quantités de Cl^2Hg, les phénomènes deviennent beaucoup trop petits, pour être interprétés correctement.

III. *Chlorure mercurique et acétate de sodium.* — Avec les mélanges équimoléculaires, on a :

Concentration 1,75 M.

$x(Cl^2Hg)$.	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,633	0,666	0,70	0,80
Ecart.....	0°,099	0°,133	1°,171	0°,203	0°,213	0°,209	0°,206	0°,181	0°,126

Concentration 2,3 M.

$x(Cl^2Hg)$.........	0,45	0,50	0,55	0,60	0,625	0,70
Écart.............	0°,280	0°,289	0°,297	0°,303	0°,297	0°,278

Dans les deux cas, le maximum a lieu pour $x = 0,6$ correspondant à la composition $2CH^3 - CO^2Na, 3\ Cl^2Hg$, définissant soit le sel possédant cette composition, soit le mélange de deux sels, l'un plus riche, l'autre moins riche en chlorure mercurique que le précédent. Dans ce qui précède, et dans ce qui suit l'élévation du chlorure mercurique a été évaluée en prenant la totalité du sel, quel que soit son état moléculaire. Nous avions trouvé antérieurement ([1]) pour le maximum $x = 0,66$, en ne prenant que les molécules simples, pour estimer l'élévation du chlorure mercurique.

([1]) Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1908.

Nous avons ensuite étudié les mélanges non équimoléculaires, de concentrations :

Acétate	2,00	2,5	1,75	1,75	3,000
Chlorure mercurique	0,40	0,5	0,4735	0,5833	1,000

Les résultats obtenus montrent qu'il y a superposition du complexe reconnu avec les solutions équimoléculaires, et d'un complexe plus riche en acétate de sodium que $CH^3 - CO^2Na, Cl^2Hg$. Mais il n'a pas été possible de déterminer la composition et la constante d'équilibre de ce dernier, car en présence de solutions concentrées d'acétate de sodium, et étendues de chlorure mercurique, il y a précipitation progressive d'un produit rouge qui empêche l'observation d'un palier de température constante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude polarimétrique et électrométrique des aluminotartrates alcalins. Sur un double phénomène de mutarotation.* Note (¹) de M. **Pariselle**, présentée par M. Jean Perrin.

Des recherches succinctes sur les aluminotartrates alcalins ont déjà été entreprises par de Baudran (²), Treadwell (³), Grossmann et Lœb (⁴). Les deux derniers auteurs, à la suite d'une étude polarimétrique, ont conclu à l'existence de deux complexes dont les formules comprennent deux molécules d'acide tartrique reliées par le radical Al(OH).

L'étude méthodique des quantités de soude à verser, dans des mélanges en proportions variables d'acide tartrique et d'un sel d'aluminium, pour obtenir un précipité d'alumine permanent puis une redissolution de ce précipité, m'a montré que leurs conclusions étaient inexactes et qu'il faut admettre l'existence d'un émétique

$$COONa - CH - AlO - CHOH - COONa.$$

L'étude polarimétrique du phénomène m'a conduit aux mêmes conclusions. Une première série de mesures a été faite sur des mélanges contenant un ion Al pour une molécule d'acide et des proportions croissantes de soude, tous ces mélanges étant ramenés au même volume total.

(¹) Séance du 4 juillet 1927.
(²) *Annales de Ch. et Ph.*, 19, 1900, p. 565.
(³) *Zeit. für Anal. Ch.*, 77, 1906, p. 4.
(⁴) *Zeit. für Physik. Ch.*, 72, 1910, p. 102.

La courbe relative au pouvoir rotatoire moléculaire [1] pour la raie jaune du mercure (les mesures étant faites aussitôt après l'addition de soude) part de 2°,46 (NaOH = 0), passe par un maximum relatif de 7°,70 (NaOH = 3^{mol} pour 1 Al), puis par un minimum de 3°,67 (NaOH = 4), remonte brusquement jusqu'à un maximum absolu de 14°,38 (NaOH = 5) et enfin, après une chute brusque, tend vers 6°,3, valeur qui correspond au pouvoir rotatoire moléculaire du tartrate neutre de sodium.

La courbe des dispersions rotatoires relative aux raies bleu et jaune du mercure croît de 1,34 à 2,14 (maximum atteint pour 5^{mol} de soude) et tend vers 1,80.

Les deux maxima (14°,38 et 2°,14) correspondent à l'alumino-tartrate neutre de sodium qui est décomposé par un excès de soude en tartrate et méta-aluminate de sodium; le premier maximum et le minimum sont relatifs respectivement à un acide et à un sel monosodique.

Mais tandis que pour des solutions renfermant de faibles proportions de soude (inférieures à 1^{mol} pour 1 Al) ou de fortes proportions (supérieures à 5^{mol}) le pouvoir rotatoire reste invariable, pour les autres il se produit des variations importantes, preuves de transformations moléculaires. Il y a lieu du reste d'envisager deux phénomènes de mutarotation qui se distinguent par le signe et par la vitesse des variations.

Pour des proportions de soude comprises entre 1 et 4^{mol} on observe une décroissance rapide du pouvoir rotatoire, d'allure hyperbolique, et qui est pratiquement terminée en 5 heures. C'est pour le mélange qui correspond au premier maximum (7°,70) que le phénomène est plus net; en 15 minutes le pouvoir rotatoire baisse de 50 pour 100 et il tend vers 2°,15, minimum de la nouvelle courbe.

Pour les solutions plus concentrées en soude (de 4 à 5^{mol}) on obtient au contraire une élévation du pouvoir rotatoire, mais la vitesse en est très faible et à une température de 15° il faut près de 1 mois pour atteindre l'équilibre. C'est ainsi que la solution correspondant à 4,5 NaOH voit son $[\alpha]_M$ passer en 1 mois de 4°,65 à 9°,30.

Pour les solutions correspondant à des concentrations en soude comprises entre 2 et 4^{mol}, les deux phénomènes se superposent, l'abaissement rapide étant suivi d'une élévation très lente. Pratiquement on arrive à l'état d'équilibre en portant la solution à l'ébullition et l'on peut construire ainsi une nouvelle courbe des pouvoirs rotatoires moléculaires qui part encore de 2°,46 pour arriver à 14°,38, mais le minimum correspondant à 4NaOH a disparu et se trouve reporté à l'abscisse 3NaOH avec une valeur de 4°,55.

Des trois composés envisagés précédemment, le sel neutre seul est stable, le sel acide se décompose très lentement à la température ordinaire instantanément à l'ébullition; quant au composé qui ne contient pas de sodium dans sa molécule il existe sous deux formes tautomères, vraisemblablement l'acide aluminotartrique et le tartrate d'aluminyle.

---

[1] $[\alpha]_M = \frac{\alpha v}{la}$, v étant le volume constant de la solution et a le volume également constant de la solution monomoléculaire d'acide tartrique.

En faisant varier les proportions relatives d'aluminium et d'acide tartrique, en remplaçant la soude par la potasse et par l'ammoniaque, j'ai obtenu des phénomènes analogues et les maxima et minima des diverses courbes s'expliquent parfaitement dans les hypothèses précédentes. Dans le cas de l'ammoniaque cependant, le maximum absolu n'est atteint que pour des proportions très fortes d'ammoniaque, la chute brusque étant remplacée par une ascension lente, phénomène qui tient à la faible basicité de ce corps.

Étude électrométrique. — Dans le but d'éclaircir les phénomènes de mutarotation observés précédemment, j'ai étudié la variation du pH des solutions aluminotartriques lors de leur neutralisation par la soude.

Dans le cas de 1 TH^2 et 1 Al, la courbe s'élève d'abord lentement et rectilignement de 1,6 à 3 lorsque la proportion de soude croît de 0 à 3^{mol}; après une ascension rapide jusqu'à 10,4, valeur atteinte pour 5 NaOH, il y a une partie arrondie, le pH tendant vers 13 pour des proportions croissantes de soude. Des trois composés décelés par la courbe des pouvoirs rotatoires, le dérivé monosodique, d'ailleurs peu stable, est le seul qui n'est pas mis en évidence par les pH.

Contrairement à ce qui a été constaté pour le pouvoir rotatoire, la variation du pH avec le temps est presque insensible.

En faisant varier les proportions relatives d'acide et d'ion Al, j'ai pu du reste constater que la valeur du pH avait une influence prépondérante sur les phénomènes de mutarotation signalés précédemment.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle classe de composés tautomères; théorie ionique de la tautomérie.* Note [1] de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Ch. Moureu.

On a proposé de nombreux noms pour désigner les divers cas particuliers d'une isomérie spéciale appelée tout d'abord *tautomérie*. Les auteurs ne sont pas tous d'accord sur la signification de ces noms, mais des efforts ont été faits pour montrer que, par des modifications des conditions physiques, ou par des substitutions introduites dans les molécules, on pouvait changer la nature de leur tautomérie. Des considérations atomistiques [2], énergétiques [3], ioniques [4] ont été proposées.

---

(1) Séance du 4 juillet 1927.

(2) A. Cornillot, *Thèse*, Paris, janvier 1927, et références y contenues.

(3) Knorr, *Ann. der Chem.*, 5e série, **293**, 1897, p. 70 à 119.

(4) Lowry, *Deuxième Conseil de Chimie, Congrès Solvay*, 1925, p. 156 et suiv.

C'est à ces dernières que je demanderai d'expliquer les divers phénomènes de tautomérie, et j'étudierai rapidement, dans leur hypothèse, une nouvelle classe de composés tautomériques.

Lowry (*loc. cit.*), traduisant dans le langage dualistique la règle de transposition $\alpha - \gamma$ de Lapworth ([1]), assigne à la forme ionisée de l'acétylacétone la formule suivante :

$$(H^+) \ . \ (O^- - C^+(CH^3) - C^-H - C^+(CH^3) - O^-),$$

les formes énolique et cétonique correspondant à la neutralisation par l'ion H^+ soit de la charge de l'un des oxygènes, soit de celle du carbone central. Indépendamment de ses travaux, j'avais été amené à représenter ainsi les formes ionisées des composés allyliques :

$$(X^-) \ . \ (R^1 - CH^+ - CH^- - CH^+ - R^2$$

communes à $R^1 - CHX - CH = CH - R^2$ et $R^1 - CH = CH - CHX - R^2$.

Il est tentant de généraliser, et de conclure que la tautomérie est une conséquence de l'existence d'un ion commun à deux formes isomériques; cet ion doit nécessairement être multipolaire, de charge globale égale et de signe contraire à celle de la substitution mobile.

Nous désignerons par le mot *synionie* cette propriété et vérifierons tout de suite qu'elle est toujours réalisée lorsqu'un groupe mobile est lié à un atome rattaché lui-même à un autre atome doublement lié. En effet : $A = B - CX$ s'ionise ainsi : $A^{\pm} - B^{\mp} - C^{\pm}$, $X^{\mp}$ qui est aussi la forme activée de $XA - B = C$.

Quelles sont alors les conséquences de la synionie :

1° X est peu mobile. $AX - B = C$ et $A = B - CX$ peuvent exister séparément; ce sont des isomères. Toutes les réactions qui n'explicitent pas l'ion commun sont normales sur l'une ou l'autre forme; mais si cet ion entre en jeu l'un au moins des isomères présente une réaction anormale.

Les alcools $C^2H^5 - CHOH - CH = CH^2$ et $C^2H^5 - CH = CH - CH^2OH$ peuvent être isolés l'un et l'autre, la sodation et l'acétylation par $(CH^3CO)^2O$ ne donnent pas lieu à transposition; il n'en est plus de même de l'action de PBr^3 d'où résulte avec chacun des alcools le bromure primaire. (Mêmes résultats pour l'érythrol ([2]), le divinylglycol ([3]), le linalol, le phénylvinylcarbinol et leurs isomères respectifs.)

([1]) Lapworth, *Journal of Chem. Soc.*, 73, 1898, p. 445.

([2]) Charles Prévost, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1292.

([3]) Charles Prévost, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 458.

2° X est très mobile, mais, des deux places qu'il peut occuper il en est une qui lui confère une mobilité bien plus grande : c'est alors à l'autre qu'il se fixera uniquement ou presque (pseudomérie). Si l'on y remplace, par une réaction explicitant l'ion commun, X par X′ moins mobile, on peut souvent séparer deux produits de réaction isomères.

Le bromure $C^2H^5 - CH = CH - CH^2Br$ est seul stable à la température ordinaire; il en est de même du dibromure 1.4 de l'érythrène, sur tous deux l'action des acétates métalliques donne uniquement l'acétine attendue; mais les dibromures 1.4 des érythrènes 1.4 disubstitués

$$R^1 - CHBr - CH = CH - CHBr - R^2$$

conduisent à un mélange d'acétines 1.2 et 1.4, le dibromure 1.6 de l'hexatriène à des diacétines 1.6 et 1.2 ou 1.4 pourtant tout au moins pour ce dernier qui est solide, la présence de bromures isomères est écartée.

3° X est très mobile, les places A et C sont influencées de façon comparable : $AX - B = C$ et $A = B - CX$ sont desmotropes, les deux dibromures 1.2 et 1.4 de diisocrotyle sont desmotropes (*loc. cit.*, 184, p. 1460).

Pourquoi, parmi les théories qui rendent bien compte de ces faits, ai-je choisi la théorie ionique ? C'est que seule elle permet de prévoir l'influence et des substitutions et des conditions physiques sur la nature de la tautomérie. En effet, il semblait que pour passer de la pseudomérie des dibromures d'érythrène 1.4 à la desmotropie de dibromures 1.2 et 1.4, il suffisait d'introduire dans la molécule des substitutions propres à augmenter la mobilité du brome en position 4; ce que l'expérience a vérifié.

De même, toute cause (élévation de température) susceptible d'augmenter l'ionisation de la substitution X, devait changer l'isomérie des corps $AX - B = C$ et $A = B - CX$ en pseudomérie ou desmotropie; dans les deux cas, on devait constater à température plus ou moins élevée une isomérisation partielle; il était classique que le géraniol s'isomérise partiellement en linalol vers 200°; j'ai montré que, réciproquement, l'alcool $C^2H^5 - CHOH - CH = CH^2$ s'isomérise partiellement en l'alcool $C^2H^5 - CH = CH - CH^2OH$ vers 360° (1).

J'ai pu, dans de nombreux autres cas, vérifier que les substitutions agissent dans le sens que prévoit la théorie ionique, féconde aussi dans l'étude des tautoméries énol-cétone et dérivé nitré-pseudo-acide.

---

(1) Charles Prévost, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 853.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réalité de la transposition semipinacolique. Étude de l'anisylméthyléthylglycol.* Note de Mlle **Jeanne Lévy** et de M. **P. Weill**, présentée par M. A. Béhal.

La transposition semipinacolique, qui s'observe dans la déshydratation des aryldialcoylglycols par l'acide sulfurique concentré, résulte de l'élimination de l'oxhydryle secondaire et conduit, par migration d'un radical alcoyle, à un produit cétonique (¹) :

$$\text{(I)}\quad Ar-CH\,OH-CO\,H\langle{}^{R}_{R} \rightarrow Ar-CH-C\langle{}^{R}_{R}\ (\text{O}) \rightarrow {}^{Ar}_{R}\rangle CH-CO-R.$$

La réalité de cette transposition a pu être mise en doute quand Daniloff (²), puis MM. Tiffeneau et Orékhoff (³) eurent constaté que les aldéhydes trisubstitués, formés dans la transposition hydrobenzoïnique des mêmes aryldialcoylglycols, se transforment (transposition aldéhydocétonique (II) par l'acide sulfurique concentré en cétones qui sont identiques à celles que fournit la déshydratation semipinacolique

$$\text{(II)}\quad {}^{Ar}_{R}\rangle\!\!\!-C(R)-CHO \rightarrow {}^{Ar}_{R}\rangle CH-CO-R.$$

Malgré ces faits, l'un de nous a réussi, dans un précédent Mémoire, à apporter quelques arguments en faveur de la réalité de la transposition semipinacolique en montrant (⁴) que la déshydratation de certains glycols peut s'effectuer sans le secours de l'acide sulfurique concentré, par simple distillation à la pression ordinaire, ou encore par action de l'acide dilué, et que, dans les mêmes conditions, les aldéhydes trisubstitués correspondants restent inattaqués. Toutefois cette démonstration n'était pas d'une rigueur absolue car, dans tous les cas examinés jusqu'ici, le produit de la transposition semipinacolique (I) s'est montré le même que celui de la transposition

(¹) Tiffeneau et Orékhoff, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 387.
(²) Daniloff, *J. Soc. chim.*, 49, 1917, p. 282; 51, 1919, p. 97.
(³) Tiffeneau et Orékhoff, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 67.
(⁴) Tiffeneau et J. Lévy, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1113.

aldéhydocétonique (II) et l'on pouvait supposer qu'à l'état naissant l'aldéhyde était plus sensible aux réactifs.

Nous apportons ici un fait nouveau qui constitue une preuve rigoureuse de la réalité de la transposition semipinacolique.

Nous avons pu montrer, en effet, que l'anisylméthyléthylglycol se transforme, par déshydratation semipinacolique et migration du radical éthyle, en anisyl-3-pentanone-2 [schéma (III)], tandis que l'anisyl-2-méthyl-2-butanal fournit, par action de l'acide sulfurique concentré, l'anisyl-2-pentanone-3 (IV) :

(III) $CH^3OC^6H^4-CHOH-COH(C^2H^5)CH^3 \rightarrow CH^3OC^6H^4(C^2H^5)CH-CO-CH^3,$

(IV) $(CH^3OC^6H^4)(CH^3)(C^2H^5)C-CHO \rightarrow (CH^3OC^6H^4)(CH^3)CH-CO-C^2H^5.$

D'autre part, nous avons étudié l'isomérisation de l'oxyde d'anisyl-1-méthyl-2-butène-1. Par distillation vers 250°, cet oxyde conduit à l'anisyl-3-pentanone-2 (V) :

(V) $CH^3OC^6H^4-CH-C(C^2H^5)CH^3$ (pont O) $\rightarrow CH^3OC^6H^4(C^2H^5)CH-CO-CH^3.$

Il y a, comme on le voit, rupture de l'oxygène pontal du côté de l'anisyle comme pouvait le faire prévoir la forte capacité affinitaire de ce radical, et il se produit une transposition semipinacolique analogue à celle fournie par le glycol correspondant.

Ces deux transpositions semipinacoliques, (III) et (V), montrent, comme on le savait déjà, que l'aptitude migratrice du radical éthyle est supérieure à celle du radical méthyle [1].

Déshydratation de l'anisyl méthyléthylglycol $CH^3OC^6H^4$-CHOH-COH(C^2H^5)CH^3. Ce glycol, préparé par action de l'iodure de magnésium méthyle sur l'anisylacétylcarbinol (Éb. 175° sous 15^{mm}), lui-même obtenu par action du bromure de magnésium-éthyle sur l'amide *p*-méthoxyphénylglycolique, bout à 206-208° sous 15^{mm}. Traité par les acides ou par simple distillation à la pression ordinaire, il se déshydrate en un

---

(1) Il faut remarquer que le radical qui émigre le plus facilement est celui qui possède la capacité affinitaire la plus faible. Ce résultat a déjà été obtenu dans diverses séries (M. Tiffeneau et J. Lévy, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **33**, 1923, p. 735; Lagrave, *Thèse de Doctorat ès Sciences*, juillet 1927, Paris, Masson).

produit Éb. 166-170° $n_{20} = 1,532$ qui a été identifié à l'anisyl-3-pentanone-2

$$CH^3OC^6H^4(C^2H^5)CH - CO - CH^3,$$

préparée par isomérisation de l'oxyde d'anisyl-3-pentène-3. Semicarbazone 179-180°.

Transformation de l'anisylméthylbutanal. — Cet aldéhyde, préparé par action de la potasse sèche sur l'iodhydrine de l'anisyl-1-méthyl-2-butène-1 :

$$Ar - CHOH - CH(CH^3)C^2H^5,$$

distille à 135-145° sous 14^{mm}. Il donne une semicarbazone F. 145° et un oxime F. 87° ; par déshydratation de l'oxime, on isole l'anisyl-3-méthyl-3-butanonitrile. Éb. 135-136° sous 6^{mm}. Traité par l'acide sulfurique concentré, cet aldéhyde se transforme rapidement en un produit qui distille à 262-265°, et qui a été identifié à l'anisyl-2-pentanone-3 $CH^3OC^6H^4(CH^3)CH.CO.C^2H^5$ préparée par traitement à la potasse sèche de l'iodhydrine de l'anisyl-3-pentène-3. Semicarbazone 115-117°.

Isomérisation de l'oxyde de l'anisyl-1-méthyl-2-butène-1. — Cet oxyde a été préparé par action de l'acide perbenzoïque sur l'anisyl-1-méthyl-2-butène-1. (Éb. 249° $n_{20} = 1,542$). Il distille à 135-140° sous 15^{mm}. Il s'isomérise à la pression ordinaire en anisyl-3-pentanone-2. $CH^3OC^6H^4(C^2H^5)CH-CO-CH^3$ décrite ci-dessus.

Conclusions. — 1° La transformation de l'anisylméthyléthylglycol en un produit cétonique différent de celui fourni par la transposition aldéhydo-cétonique de l'anisylméthylbutanal démontre la réalité de la transposition semipinacolique. 2° Dans la transposition semipinacolique, le radical éthyle émigre plus facilement que le radical méthyle.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extrémité occidentale du massif des Djebilets (Maroc).* Note de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai eu l'occasion de reprendre au mois de décembre dernier l'étude de la portion des Djebilets qui intéresse la feuille Oued Tensift au $\frac{1}{200\,000}$.

C'est un pays de petites collines schisteuses avec crêtes de quartzites, dominé par la masse calcaire du djebel Ighoud (591^m), au sud-ouest de la sebka Zima, entre cette dernière et l'oued Tensift.

La tectonique très simple nous montre que les couches ondulent en une série d'anticlinaux et de synclinaux, de direction N 12° E.

Une coupe passant par le djebel Ighoud nous montre d'W. en E. la série des couches, qui sont, de bas en haut :

1. Schistes *argileux* verts et violets, avec zones de schistes violets à miches calcaires, intercalés de bancs de grès bruns (épaisseur apparente : 300^m).

2. Quelques mètres de schistes verdâtres et bancs de quartzites.

3. Lentille de calcaires blancs zoogènes du djebel Ighoud, en gros bancs, coupés de filons de barytine, de galène et de malachite (épaisseur : 200^{m} environ).

4. Schistes verdâtres et quartzites identiques au n° 2.

5. Schistes *siliceux* vert poireau ou vert olive, parfois, aussi, violets, assez fossiles, avec bancs plus durs et quartzites.

Les schistes argileux et les schistes à miches ne m'ont livré que de très mauvais exemplaires de Trilobites. Par contre, dans les calcaires du djebel Ighoud, abondent les Archaeocyathinés. L'étude en section polie de quelques échantillons m'a permis de reconnaître notamment : *Archæocyathus Ajax* Taylor, très abondant, *Archæocyathus* aff. *Selliksi* Taylor, et aussi des coupes longitudinales de *Spirocyathus radiatus* Taylor.

Les schistes siliceux du n° 5 sont couverts d'empreintes de *Sao hirsuta* Barrande (= *Ptychoparia Barthouxi Mansuy*) à Hedil Mamora, près du Tensift, et plus au Nord dans les Oulad Msabih.

Nous pouvons dès lors interpréter la stratigraphie de la région de la manière suivante : les calcaires du djebel Ighoud et les schistes argileux à Trilobites représentent sans conteste l'extrême base du Cambrien, c'est-à-dire le Géorgien.

Les schistes siliceux à *Sao* sont l'équivalent stratigraphique de l'Acadien. Il s'agit même très vraisemblablement de la même bande que M. Lecointre a retrouvée fossilifère à Casablanca.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'Archæocyathidés dans le Djebel Ighoud (Djebilet — Maroc occidental).* Note (1) de M. **P. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret

Il y a quelque temps, M. Bourcart a signalé la présence d'*Archæocyathus* dans le Sous. Il me paraît intéressant de noter que la faune d'Archæocyathidés se retrouve encore bien plus au Nord dans la partie occidentale des Djebilet. En effet, le djebel Ighoud, formé de calcaires gris bleutés très compactes, avec souvent des veinules de calcite, et reposant sur des schistes noirs et des quartzites dans lesquels je n'ai trouvé aucun fossile, offre en très grand nombre des échantillons souvent assez bien conservés d'*Archæo-*

(1) Séance du 4 juillet 1927.

cyathus (déterminés par M. Depéret) dont la détermination spécifique n'a pu encore être effectuée. La stratigraphie de la montagne est la suivante de haut en bas :

1. Schistes avec intercalations quartzitiques contenant les espèces signalées par M. Barthoux : *Paradoxidus rugulosus* Corda, *Sao hirsuta* Barr., etc., de l'Acadien de Bohême.

Ces schistes offrent une direction NNE-SSW et un pendage SE en général, compris entre 50° et 90°.

2. Couches calcaires grises dures à *Archæocyathus*, formant la masse même de la montagne de l'Ighoud. Pendage SE de 50° à 60°. L'ensemble dessine une lentille inclinée se terminant en biseau entre les couches sus et sous-jacentes, et offrant une longueur d'environ 8^{km} (Georgien probable).

3. Schistes noirâtres, micacés, brillants, sans traces organiques (peut-être Précambrien).

L'assise 1 se continue vers l'Est dans tout le massif des Djebilet et l'assise 3 est, dès après l'Ighoud, recouverte en discordance angulaire par le Crétacé supérieur des Mouissat.

En réunissant cette constatation de la présence d'Archæocyathidés dans les Djebilet avec celle constatée dans le Sous, on met en lumière une bande de dépôts cambriens de faciès espagnol et sarde qui paraît se raccorder très bien avec les schistes Cambriens d'El Hank et de l'oued Nefifikr (Lecointre).

Je crois intéressant de noter qu'en 1915 j'ai recueilli dans la région entre Sidi Lamine et Khenifra des traces malheureusement en trop mauvais état pour permettre une détermination, mais qui pourraient appartenir à des Archæocyathidés. Sans préjuger de leur signification, je pense qu'il pourrait être intéressant de rechercher dans cette région si des *Archæocyathus* y peuvent être trouvés; cela définirait une seconde bande plus orientale de Cambrien à faciès espagnol.

PÉDOLOGIE. — *Les zones des sols de France.* Note de M. **V. Agafonoff.**

Le but de mes travaux pendant ces dernières cinq années a été de préciser quelles sont les zones climatériques des sols français. J'ai dû pour cela étudier, sur place, la structure et la succession verticale des horizons des sols dans différentes régions de France, et former une collection pour leur étude dans le laboratoire.

Mes études [1] m'amènent à cette conclusion que presque toute la France (à l'exception de la région méditerranéenne, des régions montagneuses est de sols azonaux) est située dans la zone faiblement podzolique, dans laquelle, comme on le sait, peuvent se produire le transport des oxydes de fer et d'alumine des horizons supérieurs du sol dans les horizons inférieurs. On peut diviser cette région podzolique de France en deux bandes dans le sens NE-SW par la ligne grossièrement schématique qui passe à l'est d'Arras, par Auxerre, Poitiers, et par Angoulême pour se terminer à l'ouest de Pau. Cette ligne peut servir approximativement de ligne-frontière entre la région des altitudes de $0-200^m$ (à l'ouest) et celle des altitudes de 200^m-500^m (à l'est).

Dans la bande occidentale *atlantique* (climat plus doux et plus humide) le processus podzolique est plus fort : on peut trouver assez souvent dans les sols des dépôts d'alios (Landes [2]), de betain (Poitou), de grepp (région toulousaine). Mais dans aucun sol français, même dans cette bande, je n'ai pas rencontré la podzolition complète de l'horizon B, comparable à celle des podzols typiques russes, où cet horizon devient tout à fait blanc, grâce à sa transformation presque complète en silice. Dans la bande atlantique, la quantité d'humus (appréciée par la méthode Simon) dans ces sols oscille autour de 1 pour 100. On y rencontre parfois des sols formés sur les calcaires; ils sont généralement de couleur brun rougeâtre et n'ont pas d'horizons podzoliques. Le faible enrichissement des horizons inférieurs en oxydes de fer et d'alumine (s'il existe) ne peut être montré que par l'analyse chimique.

La *deuxième* bande, *orientale*, des sols podzoliques correspond à un climat plus continental et moins humide; le processus podzolique y est plus rare et devient encore plus faible que dans la première bande. La formation des concrétions d'hydroxydes de fer et d'alumine est très rare dans les horizons inférieurs et les concrétions sont de très faibles dimensions. Les quantités d'humus sont plus considérables que dans les sols de la bande atlantique, elles varient généralement entre 1 et 2 pour 100. La structure de ces sols n'est pas très distincte, les horizons se transforment graduellement, la couleur de l'horizon A est généralement d'un brun grisâtre, l'épaisseur

---

(1) Dans cette Note nous n'exposons pas tous les résultats de nos études chimiques (40 analyses complètes), physiques et microscopiques, mais il nous est nécessaire de donner parfois quelques indications de ce genre.

(2) V. Agafonoff, *Processus podzolique dans les sols sableux des Landes* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 425).

des horizons A + B dépasse rarement 25cm; la dépendance de ces sols et de leur roche mère est très nette. Toutes ces propriétés nous permettent de comparer ces sols avec les *terres brunes* (Braunerde de Ramann), qui couvrent toute la plaine allemande.

La *troisième* zone des sols de France peut être nommée *méditerranéenne*. Cette région est limitée à l'Ouest par le Plateau Central, au Nord-Est par les Alpes maritimes : elle comprend toute la partie méridionale de la vallée du Rhône jusqu'à Privas et Valence. C'est la région du climat méditerranéen subtropical. Les sols les plus typiques de cette zone sont les *sols rouges* qui se forment non seulement sur les calcaires, mais parfois sur d'autres roches mères. Dans ces terres rouges et rouge jaunâtres, on rencontre souvent, à la profondeur de 50-60cm, des couches de concrétions calcaires, parfois blanc jaune, parfois rouges. On trouve aussi dans cette région des sols jaunes, jaune brun et même gris. Tous sont grumuleux, peu épais, et contiennent des particules plus ou moins grandes de la roche mère. La quantité d'humus est généralement petite et dépasse rarement 1 pour 100. Cette diversité des sols de la région méditerranéenne ne s'explique-t-elle pas, non seulement par la diversité des roches mères, mais aussi par l'hypothèse de la formation de ces sols pendant les époques géologiques différentes sous l'influence de différents climats; il faut supposer aussi que ces influences anciennes n'ont pu être complètement effacées par l'influence du climat contemporain subtropical.

Outre tous ces sols zonaux, il existe en France aussi des sols *azonaux*, parmi lesquels la première place est occupée par les sols, les plus fertiles de France, qui se sont formés sur les *limons des plateaux*. Ces sols se rencontrent en Normandie, dans le Nord, dans le bassin de Paris, dans les régions lyonnaise et toulousaine, et partout leurs caractères ne changent guère : couleur chocolat jaunâtre, épaisseur (A + B) — 30-40cm, grande quantité de la terre fine (99 pour 100) et une grande homogénéité de composition chimique (humus, 1,4-2,3 pour 100); seulement dans la région toulousaine, où le processus de l'érosion des limons était énorme, la composition chimique des sols qui se sont formés à leurs dépens a subi quelques changements notables. Si ces sols limoneux se sont formés sur les horizons déjà décalcifiés des limons (terre à brique, etc.), cas le plus général, ils ne contiennent plus de carbonates, mais toujours une petite quantité de chaux (0,8-1,3 pour 100), liée aux silicates. Si ces sols recouvrent des limons non décalcifiés (loëss), ils renferment une quantité notable de carbonates, mais toujours moindre que dans leur roche mère

(Lyon). Il faut supposer que ces sols « limoneux » ont été formés après l'érosion de la plus grande partie des limons quaternaires, quand le climat est devenu déjà semblable à ce qu'il est aujourd'hui. La grande quantité de carbonates contenus dans les ergerons (loëss) qui se trouvent parfois sous les terres à brique et surtout l'orographie des plateaux ont préservé ces sols du processus podzolique.

Citons encore les azonaux *volcaniques*, qui se sont formés, par exemple, dans la Limagne par la décomposition des scories et des cendres des volcans d'Auvergne (1).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Intensité de la raie verte des aurores polaires dans le spectre du ciel nocturne.* Note de M. **J. Dufay**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. On sait que le spectre du ciel nocturne comprend un fond continu sillonné de raies sombres auquel se superpose la raie brillante des aurores polaires ($\lambda = 5577$ Å) (2). Il est intéressant de rechercher quelle importance relative il convient d'attribuer à la raie de l'aurore et au spectre continu.

Ce dernier est trop faible pour qu'on puisse se servir utilement d'un spectrographe à fente fine : la comparaison doit nécessairement porter sur une portion étendue du spectre continu. A cet effet j'ai remplacé la fente du spectrographe par une large ouverture rectangulaire portant, vers son milieu, une tige opaque et fine parallèle aux arêtes des prismes. Sa hauteur est la moitié de celle de l'ouverture. Le fond continu donne ainsi sur les négatifs une bande spectrale très impure, sur laquelle se détache un rectangle plus opaque correspondant à l'image monochromatique de l'ouverture fournie par la raie de l'aurore. L'image monochromatique de la tige est naturellement une ligne claire dont la hauteur est la moitié de celle du spectre. L'éclairement E qu'elle reçoit provient uniquement d'une portion

(1) V. Agafonoff, *La genèse des terres et des autres sols des environs de Clermont-Ferrand* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 224).

(2) Lord Rayleigh, *Proceedings of the Royal Society*, (A), 103, 1923, p. 45. — J. Dufay, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1290, et *Bull. Soc. franç. de Physique*, n° 200, 1924, p. 57 S.

bien définie du spectre continu dont les limites, faciles à déterminer ([1]), dépendent seulement des positions occupées par les bords de l'ouverture. La région sombre située immédiatement au-dessus de la ligne claire reçoit le même éclairement E accru de l'éclairement E′ dû à la raie de l'aurore. L'étude au microphotomètre enregistreur du cliché étalonné avec des éclairements gradués, fournit le rapport $\frac{E+E'}{E}$, d'où $r=\frac{E'}{E}$.

II. Monté sur un petit spectrographe à deux prismes de flint de 60°, dont l'objectif a une ouverture relative de $f:1,2$, le dispositif précédent permet d'obtenir avec des poses de 1 heure à 1 heure 30 minutes seulement des clichés se prêtant bien aux mesures photométriques (plaques Crumière Aviator).

Les observations faites en pleine campagne, à l'Isle-sur-Serein (Yonne), en août et septembre 1926, m'ont donné pour r des nombres variables d'une nuit à l'autre, dont les valeurs extrêmes sont 0,44 et 0,60. La portion utile du spectre continu s'étendait de 4960 à 6000 Å; l'appareil était dirigé vers le Nord, à 50° du zénith ([2]).

III. Il est possible de passer du rapport des éclairements photographiques à celui des énergies correspondantes si les courbes de noircissement relatives à chaque longueur d'onde conservent la même *forme* dans toute la région spectrale utilisée. Elles peuvent alors être superposées par une translation le long de l'axe des abscisses. Cette condition s'est trouvée très sensiblement vérifiée avec les plaques employées.

On peut alors mesurer les valeurs relatives de la sensibilité de la plaque, à énergie égale, pour toutes les radiations; j'ai fait ces mesures en prenant comme source un corps noir à 1650° absolus ([3]). Enfin il faudrait, en toute

---

([1]) On substitue à la plaque un écran opaque portant une fente fine et l'on éclaire celle-ci avec un tube à krypton, puis une source émettant un grand nombre de raies brillantes. La fente étant placée de manière que l'image de la raie verte du krypton, très voisine de la raie de l'aurore (5570,5 Å), se peigne sur le prolongement de la tige opaque, les radiations dont les images coïncident avec les bords de l'ouverture limitent l'intervalle spectral utilisé quand la lumière traverse l'appareil en sens inverse.

([2]) La présence de la Lune, si elle ôte toute signification aux mesures quantitatives, n'empêche pas d'observer la raie de l'aurore. Elle est encore faiblement visible au moment de la pleine Lune, lorsqu'on pose 5 à 10 minutes. De même elle peut être photographiée à Paris même, malgré l'illumination de la ville.

([3]) Corps noir d'Ives, monté par M. Volkringer et utilisé dans l'étude du spectre continu du mercure (H. VOLKRINGER, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 780).

rigueur, connaître la courbe d'énergie du spectre continu du ciel nocturne, mais, en raison des propriétés très sélectives des plaques orthochromatiques, cette dernière intervient fort peu. J'ai supposé tour à tour la courbe d'énergie identique à celle du Soleil et à celle de la lumière solaire diffusée par un gaz. Ces deux hypothèses très différentes m'ont conduit exactement au même résultat : le rapport des énergies transportées par la raie de l'aurore et par le spectre continu de 4960 à 6000 Å a varié au cours de mes observations de 0,22 à 0,33. Il en résulte que, dans le cas des observations visuelles, la raie de l'aurore produirait seulement $\frac{5}{100}$ à $\frac{8}{100}$ de l'éclairement total (1).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Fixation de la radioactivité de l'air par le champ électrique terrestre.* Note de M. **Édouard Salles**, présentée par M. Brillouin.

Les diverses Notes publiées par Mlle Maracineanu m'amènent à parler d'expériences entreprises il y a plusieurs années, et que j'ai abandonnées avant d'avoir pu leur donner une forme définitive (1921).

Je m'étais proposé de chercher s'il était possible de constater la fixation du dépôt actif de l'air sous l'influence du champ électrique terrestre. Dans ce but j'avais tendu sur le toit de l'ancien Bureau Central Météorologique un fil de laiton ou de fer d'une longueur de 10 à 15m, mis au sol, et s'appuyant sur les bases des cheminées. Le toit, qui était dégagé de tous côtés sauf au Sud, atteignait la hauteur d'un troisième étage.

Après une exposition de trois heures, qui en hiver se prolongeait parfois après le coucher du Soleil, le fil était rapidement enroulé sur un cadre et introduit dans la chambre d'ionisation d'un électroscope. On mesurait la fuite de cet appareil pendant une heure; une expérience de même durée avait été faite avant, la chambre d'ionisation ne contenant rien d'actif, afin de connaître la fuite naturelle.

Les résultats ont été assez variables; en moyenne la déperdition était sensiblement de l'ordre de dix fois la fuite naturelle, à deux reprises elle a atteint trente fois la fuite naturelle. Il faut remarquer que par suite de l'enroulement du fil en spires voisines, la moitié seulement de ce dernier

(1) En utilisant les coefficients de luminosité relatifs aux très faibles éclairements (P. G. Hutting, *Journal of the Optical Society of America*, 4, 1920, p. 55).

rayonnait utilement. Trois heures environ après son exposition le fil ne présentait plus d'activité appréciable, preuve que j'avais bien affaire aux radium A, B et C. Je ne me suis pas préoccupé du thorium, dans ce cas il aurait fallu une exposition beaucoup plus longue. Les expériences ont été faites à des intervalles espacés en hiver, au printemps et en été.

Je crois que les faits exposés doivent entrer en ligne de compte dans les résultats trouvés par Mlle Maracineanu.

BOTANIQUE. — *Sur la nutrition carbonée du* Penicillium glaucum *à l'aide des divers composés organiques de la série aromatique.* Note (¹) de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans une Note (²) précédente j'ai fait connaître quelques faits relatifs à la nutrition carbonée d'une moisissure extrêmement répandue partout, le *Penicillium glaucum*, à l'aide de composés organiques appartenant à la série grasse. Il était tout indiqué de la compléter par un travail analogue effectué avec quelques composés organiques de la Série aromatique et je m'y suis employé en utilisant la même technique (³) de manière à pouvoir en comparer les résultats. Ce travail était d'ailleurs beaucoup plus restreint que le précédent, la majorité des composés de la série aromatique étant presque insolubles et échappant, par suite, à l'expérimentation sous la forme que j'ai indiquée.

Avec les autres composés aromatiques, plus ou moins solubles, j'ai reconnu qu'un très grand nombre sont incapables de céder leur carbone à la Mucédinée, ce qui, par ailleurs, se comprend puisque beaucoup d'entre eux sont antiseptiques.

Parmi les composés aromatiques qui ne se sont pas montrés assimilables — quant à leur carbone — je citerai, en particulier, les *phénols* [*acide phé-*

(¹) Séance du 4 juillet 1927.

(²) Henri Coupin, *Sur la nutrition carbonée du* Penicillium glaucum *à l'aide de divers composés organiques de la série grasse* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1575).

(³) Cette méthode très simple consiste essentiellement à ajouter la substance carbonée à un liquide contenant de l'eau, de l'azote minéral, du potassium, du calcium, du magnésium, du phosphore, du soufre, et des traces de zinc, de fer, de silicium et de manganèse, de manière à obtenir un liquide que l'on ensemençait avec des conidies de *Penicillium glaucum*, pour leur permettre de croître et de fructifier.

nique C^6H^5OH; *acide picrique* $C^6H^2(AzO^2)OH$; *naphtol* $C^{10}H^7OH$; *pyrocatéchine*, *résorcine* et *hydroquinone* $C^6H^4(OH)^2$, *pyrogallol* et *phloroglucine* $C^6H^3(OH^3)$], l'*aldéhyde benzoïque* $C^6H^5.COH$, la *quinone* $C^6H^4O^2$, l'*acide salicylique* $C^6H^4.CO^2H.OH$, le *camphre* $C^{10}H^{16}O$, le *furfurol* $C^4H^3O.COH$, les *alcaloïdes* purs [*quinine* $C^{20}H^{24}Az^2O^2+3H^2O$; *strychnine* $C^{21}H^{22}Az^2O^2$; *nicotine* $C^{10}H^{14}Az^2$) ou à l'état de sels [*sulfate de quinine* $(C^{20}H^{24}Az^2O^2)^2SO^4H^2+8H^2O$].

Un petit nombre d'autres composés aromatiques solubles se sont montrés susceptibles de céder leur carbone au *Penicillium glaucum*. Parmi eux se signalent, particulièrement, le *tannin* (1)

$$C^6H^2(OH)^3CO^2.C^6H^2(OH)^2CO^2H,$$

l'*acide gallique* $C^6H^2(OH)^3CO^2H$, l'*acide hippurique*

$$C^6H^5CO.AzH.CH^2.CO^2H,$$

qui, tous trois, ont donné un parfait résultat, lequel, d'après les travaux antérieurs sur la nutrition des Mucédinées, pouvait être prévu pour le *tannin* et l'*acide gallique*, mais ne semble pas avoir été constaté avec l'*acide hippurique*, lequel, d'autre part, donne des cultures d'aspect un peu anormal, notamment par leurs conidies, qui sont plus grises que bleues.

C'est, comme on le voit, une très faible proportion, et l'on peut, je crois, en conclure que, d'une manière générale, les composés de la série aromatique sont beaucoup moins favorables que les composés de la série grasse pour assurer la nutrition carbonée du *Penicillium glaucum*, et, vraisemblablement, celle des autres Mucédinées (2).

---

(1) En supposant que le tannin, tel qu'on l'extrait des végétaux, n'est pas accompagné d'autres composés carbonés assimilables, ce qui est, peut-être, sujet à caution.

(2) Bien que ceci n'ait pas de rapport direct avec le sujet de ce travail, je note, en passant, que le *Penicillium* est incapable, dans les mêmes conditions, de s'emparer du carbone des carbonates minéraux (*carbonates de soude, de potasse*, etc.), ce qui, d'ailleurs, était presque évident *a priori*, mais que j'ai cru devoir constater par moi-même.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le mélézitose est-il une combinaison du saccharose avec le glucose?* Note de MM. **M. Bridel** et **Ch. Aagaard**, transmise par M. L. Mangin.

Le mélézitose est un hexotriose, non réducteur, qui a été extrait par M. Berthelot de la manne de Briançon, en 1859. Sa composition a été fixée par G. Tanret, en 1906. Hydrolysé par l'acide sulfurique à 3 pour 100, à + 100°, il fournit une molécule de fructose et deux molécules de glucose. L'indice de réduction est de 627. Par l'acide sulfurique à 6 pour 1000, il est hydrolysé en glucose et en turanose en donnant un indice de 1761.

Le mélézitose n'est pas hydrolysé par la sucrase de la levure. Bourquelot et Hérissey, en 1896, ont reconnu que le liquide d'*Aspergillus niger* l'hydrolysait en glucose et en turanose. Malgré la résistance du mélézitose à la sucrase de la levure, Kuhn et van Grundherr [1] estiment que le mélézitose est une combinaison du saccharose avec le glucose. Pour eux, la sucrase de la levure est inactive parce que c'est une « fructo-sucrase », c'est-à-dire une sucrase qui agit sur les combinaisons du saccharose dans lesquelles le fructose est libre (gentianose, raffinose) et la sucrase de l'*Aspergillus niger* hydrolyse le mélézitose, parce que c'est une gluco-sucrase. L'*Aspergillus niger* renfermerait, alors, les deux sucrases puisqu'il agit aussi bien sur le gentianose et le raffinose que sur le mélézitose.

Nous avons comparé l'action de trois produits fermentaires obtenus avec l'*Aspergillus niger*, sur le saccharose d'une part et sur le mélézitose d'autre part. Si c'est le même ferment qui agit sur les deux sucres, le produit le plus actif sur le saccharose doit être également le plus actif sur le mélézitose. Le premier produit fermentaire (n° 1) a été préparé suivant les indications de Harang [2]; le second (n° 2) en cultivant l'*Aspergillus niger* sur liquide de Raulin surnitraté de façon qu'il ne sporule pas [3] et le troisième (n° 3) en laissant jeûner sur l'eau distillée l'*Aspergillus* cultivé sur milieu surnitraté.

---

(1) *Die Konstitution der Melezitose und Turanose* (*Ber.*, 59, 1926, p. 1655).

(2) *Recherche et dosage du tréhalose dans les végétaux à l'aide de la tréhalase* (*Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, 23, 1906, p. 16).

(3) G. Tanret, *Action du nitrate d'ammoniaque sur* l'Aspergillus niger (*Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, 5, 1897, p. 5).

Les poudres n°s 2 et 3 possèdent la même activité sur le saccharose, mais la poudre n° 1 est nettement moins active.

Les poudres n°s 1 et 3 possèdent la même activité sur le mélézitose, et la poudre n° 2 est nettement moins active.

Il y a donc une grande différence dans l'hydrolyse de ces deux sucres, puisqu'une poudre peu active sur le saccharose hydrolyse rapidement le mélézitose et qu'une autre poudre peu active sur le mélézitose hydrolyse rapidement le saccharose.

Ces faits viennent à l'encontre de l'hypothèse de Kuhn et van Grundherr et l'on doit conclure à la non-identité des diastases agissant sur le mélézitose et sur le saccharose.

Nous avons essayé d'obtenir l'hexobiose non réducteur existant, combiné au glucose par sa partie fructose, dans le mélézitose, en faisant agir sur le mélézitose le macéré de levure basse séchée à l'air qui hydrolyse très rapidement le turanose [1].

Ce macéré hydrolyse également le mélézitose; malheureusement, à côté de la glucosidase α qui provoque l'hydrolyse par la partie « turanose », il renferme une autre diastase qui décompose l'hexobiose, au fur et à mesure de sa formation. L'indice de réduction que l'on calcule dans une telle hydrolyse, de 620 à 634, correspond à celui de l'hydrolyse du mélézitose en glucose et fructose, 627.

L'hydrolyse totale du mélézitose par un liquide contenant à la fois glucosidase α et sucrase, tel que le macéré de levure basse, séchée à l'air, pourrait être invoqué par les partisans du mélézitose, combinaison du saccharose : la glucosidase α hydrolyse le mélézitose en glucose et saccharose et ce n'est qu'après cette hydrolyse que la sucrase peut décomposer le saccharose.

Mais ce que l'on sait maintenant de l'hydrolyse du gentianose et du raffinose qui donnent par l'émulsine saccharose et glucose pour le premier, saccharose et galactose pour le second et par la sucrase fructose et gentiobiose et fructose et mélibiose, ne permet pas d'expliquer la non-activité du saccharose du mélézitose par la sucrase.

Nos expériences avec l'*Aspergillus niger* ne confirment pas l'hypothèse de Kuhn et van Grundherr qui font du mélézitose une combinaison du saccharose avec le glucose. La nature exacte du gluco-fructose, non réducteur, existant, dans le mélézitose, combiné au glucose, est encore à déterminer.

---

(1) M. Bridel et Th. Aagaard, *Sur l'hydrolyse diastasique du auranose* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1667.

CHIMIE AGRICOLE. — *Absorption ionique élective dans l'argile colloïdale.* Note (1) de MM. **A. Demolon** et **G. Barbier**, présentée par M. L. Lindet.

Bien que l'absorption des cations par l'argile colloïdale soit un phénomène d'ordre général, on n'a guère envisagé dans l'étude du pouvoir absorbant des sols que la fixation de la potasse et de l'ammoniaque. La soude en particulier est considérée pratiquement comme non retenue et c'est là un fait qu'il y a lieu d'expliquer. Il nous a paru utile de reprendre dans des conditions bien définies l'absorption des principaux cations intervenant dans le sol, envisagés seuls ou en mélange.

Les travaux récents (Van Bemmelen, Gedroiz, Ramann, Wiegner) ont conduit à attribuer le pouvoir absorbant aux échanges de bases propres aux silicates zéolithiques $\left[\frac{(SiO^2)}{(Al^2O^3)} : 3 \text{ à } 5\right]$. Or, si des silicates de ce groupe comme la bravaisite ont été rencontrés dans divers dépôts marins argilo-calcaires (Thiébaut), ils ne jouent aucun rôle dans les limons quaternaires dont la matière argileuse est essentiellement formée d'alumosilicates kaoliniques résistant à l'attaque chlorhydrique. Les phénomènes d'absorption dans ce cas apparaissent comme liés à la nature colloïdale de l'argile plutôt qu'à sa constitution minéralogique.

Fixation comparée des ions (Na), (K), (NH^4), (Ca). — Technique : D'une part l'argile colloïdale extraite de la terre à brique saturée d'ions (Ca) du bicarbonate (44,0 milli-éq. gr. pour 100^{gr}) a été traitée par des solutions de chlorures alcalins seuls ou en mélange (10^{gr} complexe argileux 500^{cm^3} solution). La concentration de chaque sel correspondait dans tous les cas à 2 pour 100 KCl. D'autre part, sur l'argile privée de bases on a fait agir chacun des chlorures alcalins seuls ou en présence de $CaCl^2$, en renouvelant le liquide cinq fois, en raison de l'acidité d'échange, pour atteindre la saturation. Dans tout les complexes obtenus les cations fixés ont été dosés après extractions répétées au moyen d'HCl N/5. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Complexe argile-chaux.

Milli-éq. gr. pour 100^g.	Am.	K.	Na.	Am+K.	Am+Na.	K+Na.	Am+K+Na.
Ca déplacé...	41,8	42,0	35,7	42,7	42,5	42,3	43,2
Am fixé......	42,3	»	»	20,5	37,4	»	20,4
K fixé.......	»	41,4	»	23,4	»	34,2	19,3
Na fixé......	»	»	35,7	»	5,0	6,6	3,6
Total.....	42,3	41,4	35,7	43,9	42,4	40,8	43,3

(1) Séance du 4 juillet 1927.

Argile privée de bases.

Milli-éq. gr. pour 100g.	Am.	K.	Na.	Am + Ca.		K + Ca.		Na + Ca.	
Cations fixés......	42,4	42,1	41,2	24,1	19,8	26,1	18,4	34,0	9,0
Total.........	42,4	42,1	41,2	43,9		44,5		43,0	

La capacité de saturation en cations de l'argile apparaît donc comme une constante indépendante de le nature des ions fixés. Dans le cas des mélanges, on observe un phénomène de partage avec fixation sensiblement équivalente des ions (K) et (NH^4) tandis que l'ion (Na) n'est que faiblement absorbé en leur présence. L'ion (Ca) de $CaCl^2$, formé ou introduit, intervient pour limiter plus ou moins, suivant sa concentration, la fixation des ions alcalins. En faisant varier la concentration respective de ces quatre ions essentiels, il est possible de modifier a volonté la grandeur de l'absorption pour chacun d'eux, et par conséquent d'obtenir des phénomènes d'absorption élective sans membrane.

Fixation dans le sol. Répartition en profondeur. — Technique : Nous avons recherché ce qui se passe dans le sol lorsqu'on applique en surface un mélange des trois chlorures alcalins; $2^{kg},5$ de terre à brique (pH = 7,3) additionnée de $\frac{1}{3}$ de sable siliceux étaient placés dans une allonge. Toutes les douze heures, on déversait en surface un volume d'eau distillée égal à $\frac{1}{6}$ de la quantité nécessaire à la saturation, le premier renfermant les sels en poids équivalents. Dans une expérience, cette quantité correspondait à la saturation en bases; la dose fut réduite à $\frac{1}{5}$ dans l'autre. Nous donnons en milli-éq.-gr. le dosage des cations fixés dans les six tranches superposées :

	$(NH)^4Cl$.	KCl.	NaCl.	NH^4Cl.	KCl.	NaCl.
de 0 à 5cm....	18,60	18,25	1,78	9,35	8,45	2,14
5 à 10....	18,50	18,12	2,12	2,50	2,15	4,43
10 à 15....	18,04	17,45	2,48	1,46	1,38	2,15
15 à 20....	11,59	13,08	2,91	0,28	0,68	1,88
20 à 25....	3,83	3,09	4,94	0,28	0,68	1,64
25 à 30....	0,65	1,48	4,87	0,28	0,68	1,62
Total fixé.	71,21	71,47	19,10	14,15	14,02	13,86
Q. introd.	72,40	72,40	72,40	14,50	14,50	14,50

Nous retrouvons le même partage que pour l'argile : l'absorption de (K) et (NH^4) en proportions équivalentes s'effectue d'abord au voisinage de la surface ; (Na) se fixe ensuite plus ou moins complètement suivant la concentration de $CaCl^2$ formé. Nous constatons l'énergique pouvoir de fixation de l'argile pour des doses dépassant considérablement celles de la pratique des engrais. Quant à la concentration observée dans les liquides de percolation, elle est régie essentiellement par les équilibres déjà signalés qui se produisent dans la dernière couche traversée entre les ions absorbés et les ions restant en solution.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches comparatives sur la teneur en glutathion de quelques tissus et du sang, chez le Pigeon normal, chez le Pigeon sous-alimenté et chez le Pigeon privé de vitamines* B. Note (¹) de Mme **Lucie Randoin** et M. **René Fabre**, présentée par M. L. Guignard.

D'après divers auteurs, notamment F. G. Hopkins et M. Dixon (1922), H. E. Tunnicliffe (1925), A. Blanchetière et L. Binet (1926), le glutathion jouerait, dans les oxydo-réductions organiques, un rôle très important. D'autre part, Mme L. Randoin et H. Simonnet (1923-1924) ont montré que, dans l'utilisation, par les cellules, de l'énergie qu'apportent les glucides du régime, les vitamines B interviennent tout spécialement, et que, par conséquent, leur absence détermine à la fois une inanition partielle et une intoxication due à une accumulation de produits incomplètement dégradés.

Il nous a semblé intéressant d'étudier, sur le Pigeon, les variations de la teneur en glutathion des muscles squelettiques, du muscle cardiaque, du foie et du sang, au cours de l'avitaminose B, et aussi après une sous-alimentation prolongée (avec régime complet et équilibré) provoquant des pertes de poids (12-21 pour 100) analogues à celles que l'on note vers la fin de la carence en facteurs B.

Technique. — Nos recherches ont porté sur 40 Pigeons adultes, de 300 à 450g; elles ont été effectuées au moyen de trois lots d'animaux :

A. 8 Pigeons ont eu, à volonté, un *régime naturel* (mélange de graines).

B. 26 Pigeons ont reçu chaque jour, par gavage, 20g d'un *régime artificiel uniquement privé de vitamines* B (caséine, 6; fibrine, 5; ovalbumine, 5; graisse de beurre, 4; *dextrine*, **66**; mélange de sels, 4; agar-agar, 8; papier filtre, 2). La durée de la maladie (21 jours en moyenne avec ce régime) a été partagée en trois périodes :

Première période (1er au 12e jour environ) : pas de symptômes nets (8 Pigeons).

Deuxième période : baisse de température, début des paralysies (8 Pigeons).

Période prémortelle : crises de polynévrite, température très basse (10 Pigeons).

C. 6 Pigeons ont reçu chaque jour, pendant 18 jours, par gavage : 5g seulement du *même régime artificiel complété par* 6 *pour* 100 *de levure de bière sèche.*

Nous avons déterminé, pour les divers tissus et le sang : 1° les *teneurs en eau;* 2° les *teneurs en glutathion réduit*, par la méthode de Tunnicliffe. Cette méthode permet de doser tous les composés capables de donner la réaction réversible : $2[-SH]+O \rightleftharpoons H^2O+[-S-S-]$, composés ayant tous la même signification physiologique. Nous avons apprécié le terme de la réaction par l'essai au nitroprussiate (n cm³ *de solution centinormale d'iode*). Nous avons fait en outre l'essai à l'empois d'amidon (n' cm³ *de la même solution*) qui fournit des chiffres plus élevés, car

(¹) Séance du 4 juillet 1927.

l'action du nitroprussiate est spécifique du groupe [— SH], tandis que, dans le second cas, l'iode réagit sur la totalité des substances réductrices justiciables de son action.

L'intérêt de cette détermination supplémentaire résulte du fait que la valeur du rapport $\frac{n'}{n}$, — même lorsqu'elle est calculée pour des concentrations telles, que la réaction au nitroprussiate conserve une sensibilité identique dans les deux cas —, semble se modifier au cours des états pathologiques réalisés. Aussi avons-nous fait figurer, sur le tableau, les valeurs de ce rapport, à côté des résultats donnés, exprimés en *milligrammes de glutathion réduit pour* 100g *de tissu frais*.

Muscles pectoraux.		Muscles des membres postérieurs.		Muscle cardiaque.		Foie.		Sang.	
Glutathion en mg.	$\frac{n'}{n}$.	Glutathion en mg.	$\frac{n'}{n}$.	Glutathion en mg.	$\frac{n'}{n}$.	Glutathion en mg.	$\frac{n'}{n}$.	Glutathion en mg.	$\frac{n'}{n}$.
Pigeons normaux (température : 42°). — Moyennes.									
24,0	**1,91**	**27,9**	**2,47**	**30,1**	**3,17**	**140,4**	**1,66**	**61,0**	**1,44**
Pigeons privés de vitamines B. — 2e *période* (températures : 41°,2 à 40°).									
15,0	2,30	14,2	2,94	25,0	3,00	204,0	1,47	53,0	1,53
21,7	2,00	28,2	2,31	45,0	2,00	135,0	2,06	31,1	1,52
17,5	2,01	27,5	1,50	40,0	2,00	102,5	2,00	42,5	1,29
21,0	1,78	–	–	40,0	2,25	214,2	1,50	–	–
17,5	2,32	20,0	3,33	27,9	2,27	183,2	1,60	48,0	1,29
16,1	2,30	12,5	3,90	23,0	2,76	195,9	1,57	40,0	1,75
14,7	2,62	18,7	2,75	35,0	2,11	208,3	1,48	58,0	1,42
15,4	2,68	16,0	2,90	28,0	2,37	197,5	1,48	43,0	1,60
Pigeons privés de vitamines B. — *Période prémortelle* (températures : 39°,5 à 35°).									
19,3	2,07	15,4	3,50	45,0	1,50	223,3	1,46	–	–
10,6	2,85	14,7	2,88	30,0	2,16	276,0	1,34	22,8	1,32
9,6	2,65	18,0	2,45	15,3	2,61	200,5	1,33	16,5	1,60
10,9	2,68	10,6	3,00	16,4	3,00	192,9	1,40	40,6	1,50
8,5	4,09	13,2	3,14	33,0	2,50	191,3	1,81	–	–
8,7	3,48	17,8	3,07	20,9	2,75	207,0	1,48	47,0	1,28
4,9	4,94	10,3	3,80	22,1	2,68	192,8	1,64	96,4	1,52
12,1	3,42	12,5	4,20	20,9	3,65	–	–	60,0	1,46
10,2	3,50	15,2	3,64	18,7	3,66	160,7	1,33	53,4	1,45
4,6	4,74	11,6	4,10	13,9	3,66	100,0	1,35	50,0	1,50
Pigeons sous-alimentés pendant 18 *jours* (températures : 41°,2 à 40°).									
14,4	3,04	17,2	4,50	25,0	3,55	150,0	1,74	56,0	1,65
12,3	3,43	15,0	3,52	23,9	3,55	154,0	1,60	63,0	1,37
17,0	2,44	13,0	3,42	35,7	2,83	130,0	1,85	50,0	1,40
15,0	2,65	12,3	3,29	20,7	3,70	106,0	2,05	39,7	1,70
13,0	2,35	14,5	3,00	24,0	2,30	163,0	1,37	55,0	1,52
16,0	2,00	12,2	3,05	30,0	2,28	140,0	1,43	59,0	1,32

Conclusions. — I. Chez le *Pigeon adulte normal*, les muscles squelettiques renferment en moyenne 26^{mg} de glutathion pour 100^{g} de tissu frais (chiffres extrêmes : 17-32); le cœur, 30^{mg} en moyenne; le foie, 140^{mg}, et le sang, 61^{mg}, avec variations individuelles relativement fortes.

II. Chez le *Pigeon sous-alimenté*, on constate une baisse générale de la teneur en glutathion, très accentuée pour les muscles des membres (moyenne : $14^{mg},3$), assez faible partout ailleurs.

III. Chez le *Pigeon privé de vitamines* B, aucun changement notable au début; mais, au cours de la deuxième période, la teneur en glutathion des muscles squelettiques s'abaisse (moyenne : $18^{mg},4$) pour atteindre, à la période des crises, son minimum (moyennes : $13^{mg},9$—$9^{mg},9$). La diminution est beaucoup moins accentuée en ce qui concerne le cœur et le sang, et, dans le foie, il y aurait une tendance à l'augmentation, mais les variations individuelles sont alors si considérables qu'il est impossible de conclure nettement sur ce point.

IV. L'accroissement de la *valeur du rapport* $\frac{n'}{n}$, *dans le cas des muscles squelettiques*, assez marqué notamment à la fin de l'avitaminose B, semblerait indiquer, à cette période, une augmentation de substances réductrices autres que celles qui possèdent le groupe sulfhydryle.

MICROBIOLOGIE. — *Les antagonismes physico-chimiques des microbes.* Note de MM. C. **Arnaudi**, W. **Kopaczewski** et M. **Rosnowski**, présentée par M. d'Arsonval.

Dès le début des recherches sur les microorganismes et les conditions de leur vitalité on a remarqué l'existence d'un certain antagonisme plus ou moins accentué : parfois, la présence d'un microbe déterminé empêche le développement d'un autre. Au fur et à mesure que la bactériologie progressait, le nombre de ces antagonismes augmentait. Pourtant, au lieu de les étudier avec toute la minutie désirable, la voie de production des sérums antagonistes par les microbes eux-mêmes, fut seule suivie, et, peu à peu, la thérapeutique par les microbes antagonistes fut abandonnée. Nous assistons aujourd'hui à un réveil marqué de cette thérapeutique.

Il nous a paru intéressant de voir si les modifications physico-chimiques, se manifestant dans les milieux de culture au cours du développement d'un microbe, ne peuvent pas rendre compte, tout au moins en partie, de leurs antagonismes.

Au cours de notre travail sur les *Conditions physico-chimiques de la*

vitalité microbienne, paru en 1923 ([1]), nous avons pu observer que, effectivement, cet antagonisme physico-chimique est bien net dans les cas étudiés. Ainsi, entre le *Proteus vulgaris* et *Bac. choleræ*, il se traduit par les écarts de la tension superficielle (51,0 dynes contre 57,2 dynes/cm), du degré d'ionisation (conductivité électrique $196,7.10^{-4}$ contre $120,4.10^{-4}$), pour la concentration en ions H^+ ($pH^+ = 7,1$ contre 7,8) et pour la viscosité (1,3 contre 1,1); il en était de même pour l'antagonisme bien connu entre le *Staphylococcus* et *Bac. pyocyaneus*.

Ces deux antagonismes, établis par de nombreux travaux, dus avant tout à Metchnikoff, pour le premier, et à Bouchard, Delbet, pour le second, encourageaient la poursuite de ces recherches.

Nous avons tout d'abord choisi parmi les exemples d'antagonisme microbien ceux qui ont été démontrés avec la plus grande netteté (voir les résultats).

La méthode expérimentale a été la suivante : on ensemençait les microbes dans un milieu de culture, toujours à peu près identique (Bouillon standardisé sec Bacto-Beef) et on prélevait à des intervalles réguliers (1, 2, 4, 6 et 12 jours) une certaine quantité de ce milieu, afin d'établir la tension superficielle, la viscosité, la densité, le pH, la conductibilité et la charge électrique. La pureté de chaque culture a été suivie par un examen de ses caractères organoleptiques, microscopiques et par un ensemencement sur la gélose inclinée.

Pour illustrer la stabilité des modifications physico-chimiques au cours de développement d'un micro-organisme, citons les chiffres établis pour le *Bac. pyocyaneus* et le *Saccharomyces cerevisiæ*, dont l'antagonisme a été nettement établi par d'Arsonval et Charrin ([2]) :

	Tension superficielle °/₀.				pH.				Conductibilité électrique °/₀.			
	2.	4.	6.	12.	2.	4.	6.	12.	2.	4.	6.	12.
	(jours).				(jours).				(jours).			
Bac. pyocyaneus.												
Série I.	+5,0	+8,0	+11,0	+11,4	0	0	0	0	−1,6	+15,0	+11,0	+ 1,7
» II.	+8,1	+9,6	+12,0	+16,4	−0,1	0	−0,2	−0,1	−7,4	+ 0,6	+14,3	+14,3
Saccharomyces.												
Série I.	+0,7	+1,9	+ 1,4	+ 1,5	+0,6	+0,6	+1,6	+1,2	−2,0	− 3,3	+ 1,3	+ 1,1
» II.	+0,3	+0,7	+ 0,2	+ 3,8	+0,7	+1,3	+1,7	+1,7	+3,0	+ 1,9	+ 3,8	+ 1,7

Voici résumés les résultats obtenus ([3]) :

([1]) W. KOPACZEWSKI, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1136.

([2]) D'ARSONVAL et CHARRIN, *Soc. Biol.*, **45**, 1893, p. 37, 70, 121 et 337.

([3]) Le travail détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

I. *L'antagonisme entre* le bacille *anthracis* et les microbes saprophytes (Bac. mésentérique, Bac. pyocyanique et *Bac. prodigiosus*) est parfait en ce qui concerne la tension superficielle, la répartition des charges électriques et la réaction réelle du milieu de culture. La seule exception concerne la levure, dont les modifications de la réaction réelle du milieu sont pour ainsi dire identiques à celles de *Bac. anthracis*. L'antagonisme physico-chimique est le plus accentué dans les cultures de 4 jours, sauf pour les charges électriques dont les différences se manifestent parfois déjà dans un milieu de 24 heures.

Les écarts de la tension superficielle atteignent dans cet antagonisme 2 pour 100 à 20 pour 100, correspondant à $-1,5$ dyne à $+20$ dynes. Pour la concentration en ions hydrogène ces différences se chiffrent par $-0,3$ à $+1,5$ en unités pH^+.

L'analyse électrocapillaire démontre des variations dans la répartition des charges électriques des plus manifestes et indiscutables.

II. L'antagonisme entre les Bacilles lactiques et *Bac. mesentericus, typhi* et *Proteus vulgaris* est parfait; il se manifeste avec la plus grande intensité dans les cultures de 4 jours. Les variations se chiffrent par de 3 à 22 pour 100 pour la tension superficielle, de $+1,0$ à $+2,2$ unités pH^+ pour la concentration en ions H^+. L'analyse électrocapillaire illustre cet antagonisme parfois avec une finesse remarquable.

Sauf pour le *Proteus vulgaris* cet antagonisme se manifeste aussi dans les variations du degré d'ionisation du milieu, révélées par la conductibilité électrique : les différences atteignent, pour le lactique et le mésentérique, par exemple, une valeur de $+40$ pour 100 en 10^{-4} et pour typhique -10 pour 100.

III. L'antagonisme physico-chimique du groupe pyocianique est aussi parfait. On l'observe pour ainsi dire d'emblée, et se maintient dans les cultures de 12 jours, sauf pour le *Bac. anthracis*, où il cesse après le 6e jour, en ce qui concerne les valeurs de la tension superficielle. Il se manifeste avec toute la netteté en ce qui concerne le degré d'ionisation; l'ascension électrocapillaire accuse des différences frappantes.

IV. L'antagonisme est le moins accentué entre le *Bac. fluorescens* et le Staphylocoque ou *Bac. typhi*. Les écarts de la tension superficielle ne dépassent alors plus de $+7$ à $+10$ pour 100, ceux de l'acidité réelle $-1,0$ unité de pH^+. Les variations du degré d'ionisation sont parfois contradictoires. Seule l'analyse électrocapillaire permet d'enregistrer des différences nettes dans la charge électrique.

En présence de ces résultats, est-on en droit de tirer la conclusion que

l'antagonisme des microbes, biologiquement constaté et dûment contrôlé, s'explique par les variations de certaines propriétés physiques, électrocapillaires?

La science physico-chimique a été si fréquemment discréditée, dans ses applications biologiques, par des conclusions trop hâtives qu'il convient tout d'abord d'élargir les résultats de ces recherches. Elles représentent la première tentative d'une étude d'ensemble des variations physico-chimiques, provoquées par les micro-organismes durant leur croissance.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 15m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUILLET 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Sampson**, professeur de l'Université d'Édimbourg, président de la Commission internationale de l'Heure, et à M. **Bœdtker**, professeur de l'Université d'Oslo, qui assistent à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination différentielle de l'heure de haute précision.* Note de M. **G. Bigourdan**.

Les déterminations d'heure employées au Bureau international de l'Heure (B. I. H.) ne sont pas exactes, en moyenne, à $0^s,02$ ou $0^s,03$ près, comme on peut s'en assurer en examinant les nombres des Tableaux IV du *Bulletin horaire*. Cependant, par des observations à un certain nombre de fils, on peut déterminer des passages d'étoiles à moins de $0^s,01$ près. La raison de cette différence de précision tient à l'incertitude des *constantes* instrumentales que l'on doit connaître dans les observations ordinaires de passages, aux flexions et à leurs variations, à la mobilité presque inévitable des objectifs dans leurs barillets quand on déplace les instruments, etc.

J'ai indiqué récemment un moyen différentiel qui supprime ces inconvénients (1), mais il exige des conditions topographiques assez rarement réalisées. Un second, que j'indique ci-après, est susceptible d'être employé

(1) Voir *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 437.

en bien plus d'endroits, sinon partout. Les principes dont il s'inspire sont les suivants : employer un instrument immobile, permettant d'observer des passages d'étoiles dans les régions où elles marchent rapidement et de constater soit sa propre immobilité relative par rapport aux lignes les plus fixes que nous connaissions, soit de mesurer ses déplacements par rapport aux mêmes lignes. Celles-ci sont :

1° La direction V de la pesanteur, déterminée par des liquides réfléchissants;

2° Une ligne à peu près horizontale H définie par des collimateurs;

3° La direction P du pôle, indiquée surtout par des étoiles qui en soient voisines.

La fixité ou les mouvements de ces trois directions peut, en outre, être contrôlée par des niveaux.

L'instrument que je propose serait formé par cinq lunettes immobiles, munies chacune de son micromètre, placées à peu près dans le méridien, dont quatre répondraient respectivement aux directions qui viennent d'être énumérées (deux étant nécessaires pour des horizontales) tandis que le cinquième servirait à l'observation des passages d'étoiles de direction E. Cet appareil pourrait être réalisé plus ou moins complètement, mais ses avantages diminueraient à mesure que les lunettes supprimées seraient plus nombreuses; il pourrait d'ailleurs être constitué au moyen de lunettes déjà construites pour d'autres buts, et que l'on pourrait rendre ensuite à leur destination primitive.

Si l'on arrivait à réaliser un bain nadiral sûr, le nombre des lunettes pourrait être porté à 6.

Les petits changements, soit relatifs, soit absolus, de ces lunettes pourraient être attribués à diverses causes, dont la principale paraît être les variations de température; mais, en raison de l'immobilité, il serait facile au moins d'atténuer l'influence de cette dernière, au moyen de matières isolantes protégeant le tout, piliers compris.

Ces piliers seraient bien isolés de toute construction; l'abri de l'appareil le protégerait contre le Soleil direct et le vent, ne serait ouvert en dessus que lorsque la température extérieure varierait lentement, et que l'appareil ne pourrait être frappé directement par le Soleil.

Pour lier ensemble ces lunettes, on ne peut donner de règles bien précises, mais si l'on construisait l'appareil de toutes pièces, il semble que le meilleur moyen serait de fixer les deux moitiés de chaque lunette sur deux faces opposées d'un solide prismatique central à arêtes

horizontales, comme on fait dans les grandes lunettes méridiennes ou dans les cercles méridiens, car les deux moitiés du tube peuvent alors se dilater librement. Les deux moitiés de chaque lunette seraient fixées par des vis par le moyen de fortes embases. Et ce solide prismatique serait porté par un axe à peu près horizontal, long, bien rigide, appuyé et attaché sur deux piliers montés sur une même fondation.

La région céleste E visée dans les passages serait choisie entre l'équateur et le zénith, où est moindre l'influence de la réfraction et des ondulations atmosphériques, mais de manière que la position d'observation fût commode et que le nombre des étoiles à observer fût toujours suffisant.

Les collimateurs qui permettent de se repérer par rapport à des horizontales H, H′ seraient choisis d'assez long foyer, suivant les conditions topographiques, sans atteindre des longueurs portant la croisée de fils à des distances où les ondulations de l'air deviendraient très gênantes.

Une observation comprendrait une série d'opérations que j'appellerai *terrestres*, pouvant être exécutées à toute heure, et une série d'opérations *célestes*. Les premières sont : les pointés sur les collimateurs pour les directions H, H′, sur les bains réfléchissants avec emploi, au besoin, de bains perfectionnés tels que celui de M. Hamy ; et les secondes : les passages de la région E et des pointés sur une étoile voisine du pôle pour la direction. Si l'on voulait écarter tout éclairage artificiel, on bornerait les observations aux périodes crépusculaires.

L'appareil peut paraître compliqué, mais on voudra bien noter qu'il est prêt à fonctionner en tout temps, en un instant, de sorte que son usage serait très pratique. Nous avons supposé l'instrument immobile, mais on conçoit qu'il est susceptible d'être déplacé de temps à autre de petites quantités, si les mouvements des étoiles en déclinaison venaient à l'exiger, sans perdre notablement de ses avantages.

Si l'on voulait, à intervalles éloignés, changer la direction E, on pourrait remplacer les deux faces planes correspondantes du prisme-support par des faces cylindriques, ainsi que les embases des tubes, et maintenir celles-ci par des vis passant à travers des trous étirés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du lithium et du strontium dans les dents et dans les os humains et sur leur état chimique.* Note de MM. **A. Desgrez** et **J. Meunier**.

L'étude que nous présentons aujourd'hui, effectuée en combinant la méthode spectrographique avec des procédés d'analyse chimique appropriés, nous a conduits à considérer le lithium et le strontium comme des éléments normaux des os et des dents, et à déterminer les formes chimiques sous lesquelles ils évoluent dans l'organisme animal, en particulier, dans l'organisme humain. C'est le corollaire d'une étude précédente que nous avons faite sur le sang et sur l'oxyhémoglobine [1]. Elle donne lieu à des rapprochements inattendus qui contribueront, croyons-nous, au progrès de la question de l'assimilation.

Nous rappelons que nous avons démontré, dans la dernière Note citée ici, que l'oxyhémoglobine ne possède pas, comme son dérivé l'hématine, une forme chimique stable. Elle subit l'action du dissolvant aqueux, et, après dessiccation, se dédouble en une portion insoluble dans l'eau, et en une portion soluble. Ce dédoublement est-il dû à la déshydratation d'une partie, à l'hydratation d'une autre partie, à une polymérisation ou à tout autre phénomène? Nous ne saurions le dire actuellement.

Quoi qu'il en soit, les deux portions du dédoublement ont une composition minérale nettement différente : la portion insoluble contient tout le Li et la raie de ce métal gagne en intensité à mesure que la portion soluble est mieux éliminée. D'autre part, celle-ci ne donne aucunement dans les spectrogrammes la raie de Li; en revanche la raie de Ca y apparaît et ne varie pas d'intensité au cours des dissolutions successives. Nous avons dit que la proportion de Ca était 4 pour 100 environ de celle de Fe. Si le Ca est un élément inséparable de cette portion soluble, nous croyons pouvoir avancer aujourd'hui qu'il en est ainsi du strontium; toutefois, comme aucune suggestion, au moment où nous avons fait cette étude, n'attirait notre attention sur sa présence probable, nous n'avons pas préparé une quantité suffisante de matière, pour révéler ce métal sur nos spectrogrammes. C'est dans l'étude des os que nous avons trouvé l'explication chimique des faits précédents.

Nous avons débuté par des recherches sur des dents et des mâchoires de

(1) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 608, et **181**, 1925, p. 1029.

porc. Les cendres des mâchoires, avant tout traitement acide, donnent les raies caractéristiques de Na, Ca, K; le traitement par l'acide sulfurique, suivi de lavages répétés, affaiblit la raie de Na et fait disparaître celle de K, tandis que la raie de Ca est renforcée, et celle de Sr apparaît avec une grande netteté. La présence de ce dernier métal n'est donc pas douteuse dans les os. Si nous comparons les spectrogrammes des cendres d'os à ceux des cendres de dents, traitées par de l'acide sulfurique, nous constatons que Sr apparaît plus faible dans les dents que dans les os, sa raie caractéristique est même à peine visible, quand le temps de pose du cliché n'a pas été assez prolongé.

Ce sont des plaques ordinaires que nous employons pour caractériser Sr; celles-ci n'ont pas de sensibilité pour les radiations rouges, elles ne peuvent donc pas manifester Li; nous avons recours pour ce métal à des plaques sensibilisées au pinacyanol, de la marque anglaise Ilford, douées d'une grande sensibilité pour la région rouge du spectre, où se produit la raie 670 de Li; elles donnent cette raie pour de très faibles proportions. Les dents, aussi bien que les os, ont constamment montré la raie du Li sur ces plaques.

Ce premier travail établissant d'une manière indiscutable la présence de Li et de Sr dans les os et dans les dents de porc, il y avait toute probabilité de les retrouver dans les mêmes matières d'origine humaine, c'est donc sur des dents et des os humains que nous avons poursuivi et étendu notre étude.

Les cendres de dents humaines, n'ayant pas subi de traitement acide, ont donné, sur plaques Ilford, de beaux spectres, dans lesquels la raie de Li apparaît parfaitement détachée des bandes voisines rouges de Ca; la raie de Na entre les bandes rouges et vertes est trop accusée pour être attribuée uniquement aux poussières de l'air ambiant, elle indique la présence de Na dans les dents, la raie 422,6 de Ca est assez forte, enfin on ne distingue que très faiblement la raie de K. Les cendres d'os (humérus) donnent sensiblement les mêmes raies; remarquons cependant que celle de Li est moins forte, et celle de K plus apparente. La recherche de Sr a été effectuée au moyen des mêmes cendres traitées par de l'acide sulfurique, en utilisant des plaques photographiques ordinaires. La raie de ce métal apparaît plus faible dans les cendres des dents que dans celles des os, elle n'apparaît même pas avec les cendres de dents, quand l'exposition n'a pas été suffisamment prolongée.

C'est, après ces constatations, que nous avons pensé à discriminer le Ca exis-

tant dans les os et dans les dents à l'état de phosphate, du Ca existant à l'état de carbonate. Cette recherche nous a fourni l'explication rationnelle des résultats que nous avions observés et nous a permis d'établir un rapprochement avec ceux que l'étude de l'oxyhémoglobine nous avait donnés. Il est facile d'effectuer la séparation, il suffit de dissoudre les cendres dans l'acide chlorhydrique et, dans la dissolution, de précipiter le phosphate de Ca par addition d'ammoniaque; le Ca, préexistant à l'état de carbonate, ayant été transformé en chlorure par le dissolvant, demeure dans le liquide, duquel il est précipité sous forme d'oxalate. Phosphate et oxalate sont purifiés par des lavages à l'eau, de préférence sur l'entonnoir à vide, séchés et calcinés pour se mieux prêter aux essais spectrographiques.

Le phosphate des dents, ainsi séparé par l'ammoniaque, fournit sur plaques Ilford, sensibilisées au pinacyanol, une magnifique raie de Li accompagnée des bandes rouges et vertes de Ca et de sa raie 4226. On ne remarque aucune trace de Sr. Pour être assurés de l'absence de ce dernier métal dans le phosphate, nous avons fait un essai sur plaque Lumière ordinaire, plus sensible que les plaques Ilford pour la région bleue de la raie de Sr, et sur la poudre de phosphate transformée en sulfate, nous n'avons obtenu ainsi que la raie de Ca. En revanche, en essayant sur plaque Lumière l'oxalate des dents préparé dans les conditions indiquées plus haut, nous avons constaté une raie de Sr parfaitement nette. Le Li existe dans les dents à l'état de phosphate et accompagne le phosphate de Ca; le Sr, au contraire, n'existe pas à l'état de phosphate; il accompagne le Ca qui est à l'état de carbonate, étant à l'état de carbonate lui-même, ou plus exactement, à l'état où ces métaux se trouvent associés à l'oxyhémoglobine soluble, dont nous avons parlé ci-dessus.

Il en est ainsi pour les os. Le phosphate des os sur plaque au pinacyanol donne la raie de Li, moins forte pourtant que celle fournie par le phosphate des dents, les bandes rouges et vertes de Ca et sa raie 422,6. Le sulfate, provenant de ce phosphate, donne sur plaque ordinaire pour la portion de sulfate qui n'a pas été dissoute dans les lavages à l'eau, la raie de Ca 422,6 très intense, la raie 445,7 du même métal, un rudiment de la bande verte et une trace confuse de la raie de Sr, que l'on distingue à peine dans son milieu spectral beaucoup plus impressionné sur cette plaque que sur les autres. Comme moyen de contrôle, il a été juxtaposé sur une plaque au pinacyanol deux spectres, l'un obtenu avec le SO^4Ca provenant du traitement direct du phosphate par l'acide sulfurique, sulfate que l'on avait précipité incomplètement, en omettant d'ajouter de l'alcool à l'eau de

lavage, le second obtenu par le phosphate de calcium demeuré dans la solution sulfurique, neutralisée ultérieurement par l'ammoniaque; le premier spectre, très poussé a donné le spectre ordinaire de Ca et la raie de Na, sans trace de Li; l'autre spectre, au contraire, bien que peu poussé, montre les bandes de Ca moins développées qu'à l'ordinaire, mais la raie de Li avec une intensité remarquable. La matière, pour ce dernier spectre, avait été additionnée de 15 fois son poids d'alumine, absolument exempte de Li et ne donnant pas de spectre de l'aluminium.

Le carbonate de calcium des os, obtenu par l'oxalate, comme il a été expliqué ci-dessus, ne révèle sur plaque au pinacyanol aucune trace de Li, mais la raie de Sr s'y trouve nettement reconnaissable.

Quand le calcium du phosphate des os est complètement précipité par l'acide sulfurique, le sulfate formé entraîne le phosphate de lithium, qui n'en est pas séparé même par des lavages réitérés à l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique.

Il résulte de ces faits que Li existe dans le tissu osseux et dans les dents à l'état de phosphate; tandis que Sr existe à l'état de carbonate et que ces éléments passent probablement du sang dans ces tissus, sans changer de forme chimique, emportant ainsi avec eux la marque de leur origine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les propriétés de l'aluminium pur.* Note [1] de M. **Léon Guillet**.

Depuis quelques mois, l'industrie des États-Unis produit, par électrolyse de l'aluminium ordinaire, un métal d'une grande pureté. Il contient 99,8 pour 100 d'aluminium, le reste étant principalement du fer et du silicium, tandis que les aluminiums courants contiennent 99, rarement 99,5 pour 100 d'aluminium.

Il m'a paru intéressant de signaler les propriétés de ce métal que je viens de fixer, certaines encore inconnues.

Les essais ont porté sur des tôles ayant $1^{mm},43$ d'épaisseur et sur des barres filées à la presse, ayant 20^{mm} de diamètre; ces échantillons ont été préparés par les moyens ordinairement utilisés en partant de lingots venus des États-Unis.

Propriétés mécaniques. — La tôle a donné : à l'état brut,

$$R = 14,4 \text{ kg/mm}^2; \qquad A \text{ pour } 100 = 4,2;$$

[1] Séance du 11 juillet 1927.

après recuit à 475°, durant 30 minutes

$$R = 6,0 \text{ kg/mm}^2; \quad A \text{ pour } 100 = 30,6.$$

La barre filée à la presse a donné, après même recuit :

$$R = 6,84; \quad A \text{ pour } 100 = 42,5.$$

Dans aucun cas la limite élastique extrêmement faible n'a pu être mesurée; quant à la striction obtenue dans l'essai de la barre, elle est remarquablement élevée; la déformation est extrêmement importante, et la valeur de la striction est au moins 90 pour 100.

Les essais d'emboutissage sur la tôle ont donné les résultats suivants :

	Charge maximum.	Flèche.
		mm
Tôle brute, 1er essai	575	11
» 2e »	575	10,6
Tôle recuite à 475°, 1er essai	475	16,2
» à 475°, 2e »	450	15,8

Recuit. — L'essai à la bille permet de fixer partiellement la température de recuit complet d'un métal écroui. Voici les résultats obtenus avec l'aluminium pur, sous une charge de 100^{kg} et une bille ayant 5^{mm} de diamètre :

Température de recuit.	Durée du recuit.	Diamètres d'empreinte.	Dureté.
Métal brut	0	1,92	32,5
100°	30 minutes	1,95	32
200°	30 »	2,10	27
300°	30 »	2,66	17
400°	30 »	2,76	15,5
500°	30 »	2,00	15

Le recuit se fait réellement sentir entre 200° et 300° et n'est complet que vers 400°.

Propriétés électriques. — La résistivité de l'aluminium pur déterminée à 20° est la suivante :

Après recuit à 350° et refroidissement à l'air : $\rho = 2,47$ microhms cm², cm.
Après trempe à 50° dans l'eau : $\rho = 2,52$ microhms cm², cm.
On sait que l'aluminium commercial donne, après recuit à 350° :

$$\rho = 2,80 \text{ microhms cm}^2\text{, cm.}$$

Gaz contenus. — Les essais ont été faits sur la tôle. On a obtenu sur 100^g de métal :

	Avant fusion.	Après fusion.
CO^2	2,66	2,57
H^2S	0,00	0,00
CO	2,12	3,90
H	5,32	11,82
CH^4	1,95	3,90
N	0,00	0,00
Total	12,05	22,19

Le dégagement total a donc été de $34^{cm^3},24$ pour 100^g de métal.

En résumé, il apparaît que l'aluminium pur ne présente pas des propriétés beaucoup plus intéressantes que les aluminiums du commerce à 99 pour 100 et 99,5 pour 100 Al.

Toutefois la résistivité est un peu moindre; la striction, nettement plus élevée.

Mais il se peut que dans les alliages, l'aluminium pur présente un intérêt que nous cherchons à préciser.

M. **Charles Moureu** offre à l'Académie un volume intitulé *Discours et Conférences sur la Science et ses applications*, que vient d'éditer la maison Gauthier-Villars; il s'exprime en ces termes :

Dans ces études, je me suis efforcé de mettre en relief le rôle de plus en plus important de la Science dans la vie moderne, et j'ai insisté sur la nécessité d'encourager la recherche scientifique, d'où découlent, en dernière analyse, tous les progrès de l'industrie, de l'agriculture, de la médecine, de l'hygiène.

Voici quelques-unes des questions traitées : *Un grand chimiste, Sir William Ramsay; Lavoisier et ses continuateurs; Les gaz de combat; Un voyage à Madagascar; Stéréochimie, physico-chimie, biologie; Maurice-Barrès et la Science; Chevreul et les corps gras; La catalyse antioxygène; Les gaz rares des gaz naturels; Science et recherche scientifique en France.*

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 17 suffrages, M. **P. Marchal** est élu membre du *Conseil d'administration de l'Institut national agronomique* en remplacement de M. *G. André* décédé.

M. **Louis Ravaz**, par 25 suffrages contre 2 à Sir *Arnold Theiler*, est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale en remplacement de M. *A. Balland* décédé.

PLIS CACHETÉS.

La Commission chargée d'examiner les plis cachetés de M. **Georges Poullain**, ouverts en la séance du 9 mai 1927, fait le rapport suivant :

Dans le pli cacheté n° 3069, déposé le 3 janvier 1877, M. Georges Poullain propose l'emploi de verres dont une des faces serait une portion de tore, pour corriger l'astigmatisme.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Chronaxie des muscles de la jambe du lapin. Comparaison avec la chronaxie des muscles de la jambe de l'homme à l'état normal et dans les lésions du faisceau pyramidal* [Extrait littéral d'une Note (1) de M. **Georges Bourguignon**].

Ayant eu besoin, pour des expériences ultérieures, de connaître exactement la chronaxie de certains muscles du lapin, j'ai déterminé avec soin celle de l'*extenseur commun* des orteils et celle de deux muscles postérieurs de la jambe, le *fléchisseur commun* des orteils et l'*abducteur* du cinquième orteil.

Ces déterminations ont été faites d'abord sur les muscles recouverts des téguments, puis sur les muscles dénudés... Sur le même muscle, la chronaxie a été exactement la même sur le muscle recouvert de téguments et sur le muscle mis à nu...

Sur 6 expériences sur la peau et 2 expériences sur le muscle dénudé, la chronaxie de l'extenseur des orteils a été 7 fois de $0^{\sigma},12$ et 1 fois de $0^{\sigma},08$; elle est donc comprise entre $0^{\sigma},08$ et $0^{\sigma},12$. Encore les variations n'existent-elles que sur la peau. On peut donc admettre que la chronaxie de l'extenseur est de $0^{\sigma},12$.

(1) Note retirée le 13 juin 1927, du pli cacheté déposé par l'auteur le 24 janvier 1927 sous le n° 9766.

Sur 7 expériences sur la peau et 2 expériences sur le muscle dénudé, la chronaxie des fléchisseurs a été 5 fois de $0^{\sigma},04$, 1 fois de $0^{\sigma},06$ et seulement 3 fois de $0^{\sigma},08$. La chronaxie des fléchisseurs est donc comprise entre $0^{\sigma},04$ et $0^{\sigma},08$, nettement plus petite que celle des extenseurs...

Chez le lapin, la chronaxie des fléchisseurs est donc plus petite que celle des extenseurs et le rapport est de 2 à 3.

Si nous comparons ces chronaxies avec celles de l'homme, nous voyons que les chronaxies des extenseurs et des fléchisseurs à la jambe de l'homme sont dans le rapport inverse de celles du lapin. Chez l'homme, la chronaxie des extenseurs ($0^{\sigma},20$ à $0^{\sigma},36$) est plus petite que celle des fléchisseurs ($0^{\sigma},44$ à $0^{\sigma},72$), le rapport étant d'ailleurs sensiblement de même valeur dans les deux espèces (2 à 3). On peut représenter ces faits de la manière suivante :

En appelant τ_A la chronaxie des muscles antérieurs et τ_P celle des muscles postérieurs, on a les rapports suivants :

Homme :

$$\frac{\tau_A}{\tau_P} = \frac{1}{2} \text{ à } \frac{1}{3}.$$

Lapin :

$$\frac{\tau_A}{\tau_P} = \frac{2}{1} \text{ à } \frac{3}{1}.$$

Si l'on cherche les homologies du membre supérieur et du membre inférieur chez l'homme en comparant l'avant-bras et la jambe, on constate les faits suivants :

1° Au point de vue embryologique, la face antérieure de l'avant-bras est l'homologue de la face postérieure de la jambe et vice-versa.

2° Au point de vue de la chronaxie, c'est l'inverse, la face antérieure de la jambe a la même chronaxie que la face antérieure de l'avant-bras et la face postérieure de la jambe la même chronaxie que la face postérieure de l'avant bras.

J'ai fait remarquer que, au point de vue de la chronaxie l'homologie est une homologie fonctionnelle, les muscles fléchisseurs à la jambe portant les segments sur lesquels ils agissent en arrière du plan frontal comme le font les muscles extenseurs à l'avant-bras, et vice-versa pour les muscles antérieurs (extenseurs à la jambe, fléchisseurs à l'avant-bras) de la jambe et de l'avant-bras.

Or, lorsque j'ai étudié les variations de la chronaxie périphérique dans les lésions centrales, j'ai montré que les choses se passent en sens inverse

à la jambe et à l'avant-bras. Tandis qu'à l'avant-bras le sens du rapport des chronaxies antérieures aux postérieures ne change pas, le rapport étant seulement augmenté, à la jambe il est renversé. La chronaxie des extenseurs augmente (2 fois la normale) et celle des fléchisseurs diminue (moitié de la normale). Le rapport est donc à la fois augmenté et renversé. J'ai montré que le signe de Babinski est l'expression fonctionnelle de ce renversement du rapport $\frac{\tau_A}{\tau_P}$.

Il arrive donc que, dans les lésions pyramidales (hémiplégies, paraplégies, etc.), on voit reparaître la même homologie au point de vue des chronaxies qu'au point de vue embryologique. On pourrait donc dire que la pathologie a ramené l'homologie embryologique, substitué l'homologie embryologique à l'homologie fonctionnelle.

En considérant ces faits une hypothèse vient à l'esprit. Dans la lésion pyramidale, le neurone moteur périphérique et le muscle sont, en quelque sorte, libérés de l'action du neurone moteur central, du cerveau. Dans ces conditions, le système périphérique, devenu autonome, reprend ses propriétés originelles, ontologiques. Les chronaxies de l'hémiplégique ou du paraplégique seraient donc les chronaxies primitives. Les chronaxies de l'adulte normal seraient des chronaxies acquises en rapport avec les fonctions, en rapport avec la station debout, caractéristique de l'espèce humaine.

L'étude de la chronaxie du lapin apporte un sérieux argument en faveur de cette hypothèse. Le lapin a conservé les chronaxies originelles. C'est aussi ce que montre l'étude de la chronaxie chez l'enfant, chez qui le reflexe de Babinski est en extension et les chronaxies des muscles antérieurs plus grandes que celles des muscles postérieurs.

C'est seulement au cours de l'évolution après la naissance qu'on voit se substituer la flexion à l'extension et le rapport des chronaxies des muscles antérieurs et postérieurs se renverser. Les homologies fonctionnelles du membre supérieur et du membre inférieur masquent alors les homologies embryologiques qu'on retrouve passagèrement chez l'enfant avant qu'il marche, accidentellement chez l'homme adulte hémiplégique ou paraplégique, et d'une manière permanente chez des animux comme le lapin.

Il faudra évidemment compléter ces études par des recherches chez des animaux plus développés que le lapin, le chien et le singe en particulier.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** prie l'Académie de vouloir bien lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire de *Théorie générale des assurances et des assurances sociales*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

M. **A. Calmette** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Économie rurale par le décès de M. *G. André*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un théorème limite relatif aux séries des quantités éventuelles*. Note (¹) de M. **Eugène Slutsky**, présentée par M. Émile Borel.

Envisageons une suite de quantités éventuelles $z_{i-1}, z_i, z_{i+1}, \ldots,$ dont la loi des probabilités dépend d'un paramètre n. En désignant par $\mathrm{E}u$ l'espérance mathématique de u, nous supposons que $\mathrm{E}z_i = 0$, $\mathrm{E}z_i^2 = \sigma_z^2 = f(n)$, $\mathrm{E}z_i z_{i+t}/\sigma_z^2 = r_t = \varphi(t, n)$, où $f(n)$ et $\varphi(t, n)$ sont indépendants de i. Cela étant, nous démontrerons le théorème suivant :

Théorème A. — *Supposons que, n croissant indéfiniment,* $|r_1|$ *ait pour limite un nombre fixe* $R_1 < 1$ *et que la valeur absolue du coefficient de la corrélation entre* $\Delta^2 z_i$ *et* z_{i+1} (ρ_1) *ait pour limite* 1. *Dans ces conditions, quel que soit le nombre donné* $\mathfrak{N}$ *et quelque petit que soit le nombre donné* ε : 1° *la probabilité, qu'aucune des valeurs* $z_i, z_{i+1}, \ldots, z_{i+\mathfrak{N}}$ *ne s'écartera d'une sinusoïde plus que de* $\varepsilon\sigma_z$ *diffère aussi peu qu'on veut de l'unité, pourvu que n soit suffisamment grand;* 2° *la période* $\mathfrak{L}$ *de la sinusoïde est déterminée par l'équation* $\cos\frac{2\pi}{\mathfrak{L}} = r_1$; 3° *le nombre des périodes complètes correspondant à la suite* $z_i, z_{i+1}, \ldots, z_{i+\mathfrak{N}}$ *peut être aussi grand qu'on veut, pourvu que le nombre donné* $\mathfrak{N}$ *soit suffisamment grand.*

(¹) Séance du 4 juillet 1927.

En effet on trouve facilement que le coefficient de la régression

$$E\,\Delta^2 z_i z_{i+1}/\sigma_z^2 = -2(1-r_1).$$

On a donc approximativement

$$(1)\qquad \Delta^2 z_i = -2(1-r_1)z_{i+1}.$$

Soit α_{i+2} l'erreur de cette équation et posons $\beta_{i+2} = \alpha_{i+2}/\sigma_z$. En remarquant que $E\beta_{i+2}^2 = 1 - \rho_1^2$ nous en concluons que si, n croissant indéfiniment, $|\rho_1|$ a pour limite 1, $E\beta_{i+2}^2$ tend vers zéro et que par conséquent, en vertu d'un théorème classique de Markoff, β_{i+2} doit avoir une limite stochastique $= E\beta_{i+2} = 0$. D'autre part, les valeurs de z_i et de z_{i+1} étant données, on peut, en tenant compte de (1), calculer successivement $z_{i+2}, z_{i+3}, \ldots, z_{i+\mathfrak{N}}$.

Il est évident que l'erreur de z_{i+k} divisé par σ_z que nous désignons par λ_{i+k} sera une fonction linéaire de $\beta_{i+2}, \beta_{i+3}, \ldots, \beta_{i+k}$. Donc, en vertu des théorèmes que j'ai démontrés à un autre endroit (*Metron*, V, 3, p. 61-64), $\mathfrak{N}$ étant un nombre fixe donné, la probabilité qu'aucune des quantités λ_{i+2}, $\lambda_{i+3}, \ldots, \lambda_{i+\mathfrak{N}}$ ne dépassera un nombre fixe ε et qu'aucune des erreurs absolues de $z_{i+2}, z_{i+3}, \ldots, z_{i+\mathfrak{N}}$ ne dépassera $\varepsilon\sigma_z$, différera aussi peu qu'on veut de l'unité, quelque petit que soit ε et quelque grand que soit $\mathfrak{N}$, pourvu que n soit suffisamment grand. Or, les valeurs de $z_{i+2}, z_{i+3}, \ldots, z_{i+\mathfrak{N}}$ satisfaisant l'équation (1) sont des ordonnées d'une sinusoïde avec la période $\mathfrak{L}$ qui est déterminée par l'équation $\cos\frac{2\pi}{\mathfrak{L}} = r_1$. Enfin (à cause du fait que $\lim|r_1 = R_1 < 1)\ \mathfrak{N}/\mathfrak{L}$ peut être aussi grand qu'on veut. Le théorème est donc démontré.

Si une série satisfait les hypothèses du théorème A, je dis qu'elle obéit à *la loi sinusoïdale limite*. Je vais démontrer par un exemple l'existence des séries de cette sorte.

Théorème B. — *Soit* $\ldots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \ldots$ *une série des quantités éventuelles satisfaisant aux conditions* $Ex_i = 0$, $Ex_i^2 = \sigma_x^2 = \text{const.}$, $Ex_i x_{i+t} = 0$ $(t \gtrless 0)$. *Soient* $x_i^{(1)} = x_i + x_{i+1}$, $x_i^{(2)} = x_i^{(1)} + x_{i-1}^{(1)}, \ldots, y_i = x_i^{(n)} = x_i^{(n-1)} + x_{i-1}^{(n-1)}$ *et* $z_i = \Delta^m y_i = \sum_{\kappa=0}^{m} (-1)^k C_m^k y_{i+m-k}$. *Si n croît indéfiniment et m/n reste constant, la série* $\ldots, z_{i-1}, z_i, z_{i+1}, \ldots$ *obéit à la loi sinusoïdale limite.*

En effet, comme je l'ai montré à un autre endroit ([1]), le coefficient de la

---

([1]) *The Summation of Random Causes as the Source of Cyclic Processes* (*Problems of Economic Conditions*, 3, I, Moscou, 1927, p. 53-56).

corrélation entre $\Delta^m y_i$ et $\Delta^m y_{i+1}$

$$(2) \qquad {}_z r_1 = r_1^{(m,\,m)} = \Delta^{2m} r_{-m+1} / \Delta^{2m} r_{-m}$$

et le coefficient de la corrélation entre $\Delta^{m+2} y_i$ et $\Delta^m y_{i+1}$

$$(3) \qquad {}_z\rho_1 = r_1^{(m+2,\,m)} = (-1)^m \Delta^{2m+2} r_{-(m+1)} / \sqrt{\Delta^{2(m+2)} r_{-(m+2)} \Delta^{2m} r_{-m}},$$

où, dans le cas du théorème B, $r_t = C_{2n}^{n-t} / C_{2n}^n$. Or, t_t étant égal à r_t, on a

$C_{2n}^n \Delta^{2m} r_{-m} = \sum_{k=0}^{2m} (-1)^k C_{2m}^k C_{2n}^{n-m+k} = \mathfrak{A}_{n+m}$, où $\mathfrak{A}_{n+m}$ est le coefficient de x^{n+m} dans $(1-x)^{2m}(1+x)^{2n}$.

En vertu d'un théorème de Cauchy, on a

$$(4) \quad \mathfrak{A}_{n+m} = \frac{1}{2\pi i} \int_{|1|} \frac{(1-x)^{2m}(1+x)^{2n}}{x^{n+m+1}}\, dx = \frac{(-1)^m 2^{n+m}.1.3\ldots(2n-1).1.3\ldots(2m-1)}{1.2.3\ldots(n+m)},$$

c'est ce que nous donne

$$(5) \qquad \Delta^{2m} r_{-m} \quad \frac{(-1)^m . 2^m . 1.3\ldots(2m-1)}{(n+1)(n+2)\ldots(n+m)}.$$

En remarquant ensuite que $\Delta^{2m+2} r_{-(m+1)} = \Delta^{2m} r_{-(m+1)} - 2\Delta^{2m} r_{-m} + \Delta^{2m} r_{-(m-1)}$ et que $\Delta^{2m} r_{-m-1} = \Delta^{2m} r_{-m+1}$ et en tenant compte de (2), (3) et (5), nous pouvons calculer.

Cela étant, on déduit facilement de (2) et (3)

$$(6) \qquad {}_z r_1 = (n-m)/(n+m+1).$$

$$(7) \qquad {}_z\rho_1 = -\sqrt{(2m+1)(n+m+2)/(2m+3)(n+m+1)}.$$

On voit que, dans les conditions données, r_1 est borné supérieurement et que ρ_1 a pour limite -1. C. Q. F. D.

Illustration. — J'ai obtenu deux séries expérimentales à 270 et à 1000 termes où $n_1 = 400$, $m_1 = 6$, $n_2 = 12$, $m_2 = 2$ et les périodes moyennes $\mathcal{L}'_1 = 26{,}2$ et $\mathcal{L}'_2 = 6{,}2$. Or, en vertu de (7) et de l'équation du théorème A (2°), on peut calculer $\mathcal{L}_1 = 24{,}8$ et $\mathcal{L}_2 = 7{,}5$. Nos théorèmes sont donc applicables approximativement aux cas où n et m ne sont pas excessivement grands.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode nouvelle d'intégration de certains groupes d'équations différentielles.* Note de M. **Edm. Lahaye.**

Soit une équation différentielle $f(x, y, y', \ldots, y^{(p)}) = 0$ dont on cherche l'intégrale qui pour $x = x_0$, se réduit à y_0, et dont les dérivées $y', y'', \ldots, y^{(p-1)}$ prennent respectivement les valeurs $y'_0, y''_0, \ldots, y_0^{(p-1)}$.

Supposons que l'on puisse intégrer par quadrature

$$f(x_0, y, y'_1, \ldots, y^{(p)}) = 0,$$

et soit

$$\varphi(x_0, x, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y) = 0,$$

la relation définissant l'intégrale satisfaisant aux conditions initiales indiquées ci-dessus. Nous en déduirons

$$\begin{aligned} y' &= \psi_1 \ (x_0, x, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y), \\ y'' &= \psi_2 \ (x_0, x, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ y^{(p-1)} &= \psi_{p-1}(x_0, x, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y). \end{aligned}$$

Au point x_1, y et ses dérivées prendront les valeurs $y_1, y'_1, \ldots, y_1^{(p-1)}$, définies par

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} &\varphi(x_0, x_1, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y_1) = 0, \\ y'_1 &= \psi_1 \ (x_0, x_1, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y_1), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ y_1^{(p-1)} &= \psi_{p-1}(x_0, x_1, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y_1). \end{aligned} \right.$$

Cherchons ensuite l'intégrale de $f(x_1, y, y', \ldots, y^{(p)}) = 0$, qui se réduit à y_1 pour $x = x_1$ et dont les dérivées prennent respectivement les valeurs y'_1, $y''_1, \ldots, y_1^{(p-1)}$; les valeurs de y et de ses dérivées étant données par

$$\begin{aligned} &\varphi(x_1, x, y_1, y'_1, \ldots, y_1^{(p-1)}, y) = 0, \\ y' &= \psi_1 \ (x_1, x, y_1, y'_1, \ldots, y_1^{(p-1)}, y), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ y^{(p-1)} &= \psi_{p-1}(x_1, x, y_1, y'_1, \ldots, y_1^{(p-1)}, y). \end{aligned}$$

Et au point x_2, y et ses dérivées prendront les valeurs $y_2, y'_2, y''_2, \ldots, y_2^{(p-1)}$ définies par

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} &\varphi(x_1, x_2, y_1, y'_1, \ldots, y^{p-1}, y_2) = 0, \\ y'_2 &= \psi_1 \ (x_1, x_2, y_1, y'_1, \ldots, y_1^{(p-1)}, y_2), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ y_2^{(p-1)} &= \psi_{p+1}(x_1, x_2, y_1, y'_1, \ldots, y_1^{(p-1)}, y_2), \end{aligned} \right.$$

Cherchons de même l'intégrale de $f(x_2, y, y', \ldots, y^{(p)}) = 0$ qui se réduit à y_2 pour $x = x_2$, et dont les dérivées prennent respectivement les valeurs $y'_2, y''_2, \ldots, y_2^{(p-1)}$. En continuant de même, nous aurons finalement à chercher l'intégrale de $f(x_{n-1}, y, y', \ldots, y^{(p)}) = 0$, qui se réduit à y_{n-1} pour $x = x_{n-1}$, et dont les dérivées prennent les valeurs $y'_{n-1}, y''_{n-1}, \ldots, y_{n-1}^{(p-1)}$; les valeurs de y et de ses dérivées au point x_n étant données par

$$(n) \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi(x_{n-1}, x_n, y_{n-1}, y'_{n-1}, \ldots, y_{n-1}^{(p-1)}, y_n) = 0, \\ y'_n = \psi_1(x_{n-1}, x_n, y_{n-1}, y'_{n-1}, \ldots, y_{n-1}^{(p-1)}, y_n), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ y_n^{(p-1)} = \psi_{n-1}(x_{n-1}, x_n, y_{n-1}, y'_{n-1}, \ldots, y_{n-1}^{(p-1)}, y_n); \end{array} \right.$$

si, entre les groupes (1), (2), ..., $(n-1)$, et la première relation de (n), nous éliminons $y_1, y'_1, \ldots, y_1^{(p-1)}$; $y_2, y'_2, \ldots, y_2^{(p-1)}$; ...; $y_{n-1}, y'_{n-1}, \ldots, y_{n-1}^{(p-1)}$, nous obtiendrons une relation

$$\Phi(x_0, x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, x_n, y_0, y'_0, \ldots, y_0^{(p-1)}, y_n) = 0,$$

qu'il faudra étudier.

Nous avons fait cette étude dans le cas de groupes très étendus d'équations du premier ordre, notamment toutes celles de la forme $y' = P(x, y)$ (P rationnel en y), et d'équations du second ordre. Nous avons ainsi pu montrer que, si les points $x_0, x_1, \ldots, x_{n-1}, x_n$, très infiniment voisins, appartiennent à une ligne de longueur finie qui évite les singularités fixes et mobiles, la valeur de l'intégrale au point x (ou x_n) prise le long de cette ligne est obtenue par une méthode d'approximation généralisant celle de M. Picard. Cette méthode permet également de démontrer aisément la forme et la convergence des développements dans le domaine des points critiques transcendants.

Enfin elle nous a conduit à un procédé de détermination des points critiques et des points transcendants mobiles.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les transformations continues et le théorème de M. Picard sur les fonctions entières.* Note de M. S. **Stoïlow**.

En considérant la transformation définie par deux fonctions continues quelconques X et Y de x et y, j'ai démontré dans une Communication précédente [1] que l'ensemble des points *singuliers* de la transformation est,

---

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 731.

dans le plan (X, Y), un ensemble de première catégorie. Dans la définition adoptée, un point de (x, y) est dit *ordinaire* (non singulier) si, quelque petit que soit le cercle l'ayant pour centre, son transformé est un domaine du plan (X, Y) pour lequel le transformé du centre est point intérieur.

Les transformations continues dénuées de points singuliers constituent une classe importante : elles contiennent comme cas particuliers les transformations biunivoques et bicontinues d'une part et les fonctions holomorphes d'une variable complexe d'autre part. Leur étude mettra en évidence des propriétés d'*analysis situs* de ces dernières fonctions.

1. Soit (T) la transformation la plus générale, qui est définie et continue pour tout le plan (x, y) et qui ne possède aucun point singulier.

Une telle transformation fait correspondre au plan (x, y) un domaine (D) du plan (X, Y), ouvert et d'un seul tenant. Appelons *points exceptionnels* de (T) les points frontières de (D). L'ensemble (E) des points exceptionnels peut être formé par un ou plusieurs continus linéaires et des points isolés ou des ensembles parfaits discontinus. Le théorème de M. Picard consiste à affirmer que, lorsque (T) est une fonction entière de variable complexe, (E) ne peut contenir qu'un seul point s'il existe. Il est évident que cela doit cesser d'être vrai dans le cas beaucoup plus général des transformations (T), et il est facile de se rendre compte que, même en ne considérant que l'ordre de connexion de (D), la proposition ne saurait subsister dans le cas général. On peut en effet transformer, par un changement de variables biunivoque et bicontinu, le demi-plan supérieur en plan entier et l'existence de la fonction modulaire montre alors que (D) peut avoir deux courbes fermées distinctes pour frontière.

2. Pour une classe très générale de transformation (T) on peut cependant établir une proposition qui rappelle le théorème de M. Picard : *Si la transformation* (T) *n'admet aucun point asymptotique en dehors des points exceptionnels* [c'est-à-dire à l'intérieur de (D)] *et si* (D) *n'est pas à connexion simple, à tout point intérieur à* (D) *correspondent une infinité de points du plan* (x, y).

Par *point asymptotique* on entend un couple de valeurs de X et de Y telles qu'il existe un chemin dans (x, y) allant à l'infini et possédant cette propriété que, lorsque le point (x, y) s'éloigne, sur ce chemin, à l'infini, le point correspondant dans (X, Y) tende vers celui dont les coordonnées sont données par ce couple de valeurs.

Tout comme pour les fonctions entières d'une variable complexe les

points exceptionnels sont — du moins en général — des valeurs asymptotiques.

La démonstration de la proposition énoncée s'appuie sur la propriété suivante des transformations sans points singuliers et qui n'appartient pas, en général, à celles dont tous les points ne sont pas ordinaires : si l'on considère deux points A et B intérieurs à (D) et un point a, correspondant dans (x, y) à A, il existe un chemin allant de a à un point b, correspondant dans (x, y) à B, et qui se transforme par (T) en un chemin quelconque donné à l'avance joignant A et B et entièrement situé dans (D).

En considérant alors un chemin fermé situé dans (D), passant par un point quelconque choisi dans (D) et tel que ce chemin soit irréductible à un point par déformation continue sans sortir de (D), on établira facilement la proposition de plus haut en faisant décrire au point (X, Y) plusieurs fois dans le même sens, à partir du point choisi, ce chemin fermé.

3. On démontrerait de la même façon que si le domaine (D) contient p trous, le plan (x, y) peut être divisé en p régions dans chacune desquelles il y a une infinité de points correspondant à un même point quelconque de (D).

4. Enfin on pourrait, en représentant le plan (X, Y) sur une sphère, considérer le point à l'infini (comme dans la théorie des fonctions de variable complexe) et envisager des transformations (T) qui ne seraient continues qu'à ce sens élargi.

Alors, si le domaine (D) laisse p trous sur la sphère, le plan (x, y) se partage en $p-1$ régions dans chacune desquelles il y a une infinité de points correspondant au même point de (D).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines suites de polynomes.* Note [1] de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Ceci fait suite à une Note du 13 juin 1927. Lorsqu'on cherche les suites des polynomes $P_n(x)$, de degré au plus égal à l'indice, tels que l'on ait

$$[P_n(x)].[P_n(y)] = [P_n(z)],$$

z étant fonction de x et y, on est conduit, après un changement de variable

(1) Séance du 11 juillet 1927.

$(x, x+\lambda)$, aux coefficients du développement formel

$$(1)\qquad (1+\alpha t(a_0+a_1 t+a_2 t^2+\ldots))^{\frac{x}{\alpha}}=\sum_{n=0}^{\infty}(x, \alpha, [a])_n t^n,$$

α étant une constante quelconque, et la suite $[a]$ étant arbitraire. Cependant α n'est pas un paramètre essentiel. On a

$$(2)\qquad [x, \alpha, [a]].[y, \alpha, [a]]=[x+y, \alpha, [a]].$$

Les $(x, \alpha, [a])_n$ étant divisibles par x, pour $n \geqq 1$, on peut introduire la notion de *suite d'interpolation réduite*, de terme général

$$(x, \alpha, [a])'_n=\frac{(x, \alpha, [a])_{n+1}}{x}.$$

La suite $[x, \alpha]=[x, \alpha, [1]]$ est la suite newtonienne, et l'on a

$$(3)\qquad [x, \alpha, [a]]'=[x, \alpha]':[a].$$

α et β étant quelconques, on a $[x\beta,]=[x, \alpha, [\alpha, \beta]']$, de sorte que $[\alpha, \beta]'$ et $[\beta, \alpha]'$ sont adjointes. Plus généralement, deux suites (3) quelconques sont divisibles diagonalement l'une par l'autre; c'est-à-dire que

$$(4)\qquad [x, \beta, [b]]'=[x, \alpha, [a]]':[\bar{a}]:[\alpha, \beta]':[b].$$

L'inverse d'une suite (3) est une suite de polynomes, de degré au plus égal à l'indice, mais pairs à partir du troisième. En particulier $(x, \alpha)'^{(-1)}_{2n+1}$ est divisible par $\alpha(x^2-\alpha^2)$, et $(x, \alpha)'^{(-1)}_{2n}$ par $x^2-\alpha^2$, pour $n \geqq 1$. Par exemple, les $B_n=(1, 0)'^{(-1)}_n$ sont les nombres de Bernoulli au facteur $\frac{1}{n!}$ près; l'inverse $[\overline{B_n}]=[0, 1]'^{(-1)}$ de la suite adjointe présente égalcment de l'intérêt.

En introduisant l'opérateur fini

$$(5)\qquad \overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[a]} f(x)=\sum_{\nu=r}^{\infty} a_{\nu-r} \overset{\nu}{\underset{\alpha}{\triangle}} f(x) \qquad r \text{ entier} \geqq 0,$$

on a

$$\overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[\bar{a}]}(x, \alpha, [a])_{n+r}=(x, \alpha, [a])_n.$$

L'opération (5) est associative, et $\overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[a]:[b]}$ s'exprime avec les $\overset{s}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[b]}$ comme $\overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[a]}$

avec les $\overset{s}{\underset{\alpha}{\triangle}}$. On en déduit la formule d'interpolation

(6) $$f(x+z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} (z, \alpha, [a])_\nu \overset{\nu}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[\bar{a}]} f(x),$$

qui généralise celle de Newton. Par exemple, pour $[a]=1$, $z=\omega$, (6) donne, sous forme symbolique simple, l'expression

$$\overset{r}{\underset{\omega}{\triangle}} f(x) = \overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[\omega, \alpha]'} f(x)$$

d'une différence finie d'écart ω à l'aide des différences d'écart α.

Une deuxième opération importante est

(7) $$\underset{\alpha}{\nabla}{}_{[a]} f(x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu \overset{\nu}{\underset{\alpha}{\triangle}} f(x),$$

dont les puissances fonctionnelles sont

$$\overset{r}{\underset{\alpha}{\nabla}}{}_{[a]} f(x) = \underset{\alpha}{\nabla}{}_{[a]^r} f(x).$$

Par exemple, s étant entier $\geqq 0$,

$$\nabla_{[s,1]'} f(x) = \frac{1}{s} \sum_{\nu=0}^{s-1} f(x+\nu).$$

En changeant l'écart α dans (7), on a

(8) $$\overset{r}{\underset{\alpha}{\nabla}}{}_{[a]} f(x) = \overset{r}{\underset{\beta}{\nabla}}{}_{[c]} f(x), \qquad [c] = \frac{[a] : [\alpha, \beta]'}{[\alpha, \beta]'}.$$

En particulier, quel que soit r, on a

$$\overset{r}{\underset{\alpha}{\nabla}}{}_{[\beta, \alpha]'} f(x) = \overset{-r}{\underset{\beta}{\nabla}}{}_{[\alpha, \beta]'} f(x).$$

On en déduit qu'une solution de l'équation

$$\underset{\beta}{\nabla} g(x) = \underset{\alpha}{\nabla} f(x)$$

est

$$g(x) = \underset{\beta}{\nabla}{}_{[\alpha, \beta]'} f(x).$$

On peut généraliser (8) et démontrer que

$$\overset{r}{\underset{\beta}{\triangle}}{}_{[b]} \overset{r}{\underset{\alpha}{\nabla}}{}_{[a]} f(x) = \overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[a].[[b] : [\beta, \alpha]']} f(x),$$

d'où l'on déduit qu'une solution de l'équation

$$\underset{\beta}{\triangle}_{[b]}\, g(x) = \underset{\alpha}{\triangle}_{[a]}\, f(x)$$

est

$$g(x) = \underset{\beta}{\nabla}_{\frac{[\bar{c}]:[b]}{[b]}} f(x),$$

où

$$[c] = [b] : [\beta, \alpha]' : [\bar{\alpha}].$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les pôles des fonctions méromorphes.* Note (¹) de M. **Krawtchouk**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ dans le cercle $|z| \leqq R$ une fonction méromorphe ayant dans ce cercle p pôles

$$(1) \qquad \frac{1}{\alpha_1}, \quad \frac{1}{\alpha_2}, \quad \ldots, \quad \frac{1}{\alpha_p}$$

et admettant au voisinage du point $z = 0$ le développement

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots,$$

dont les coefficients $a_m, a_{m+1}, a_{m+2}, \ldots$ sont réels. Nous nous bornons par le cas où les déterminants

$$\Delta_m^1 = a_m, \quad \Delta_m^2 = \begin{vmatrix} a_m & a_{m+1} \\ a_{m+1} & a_{m+2} \end{vmatrix}, \quad \ldots,$$

$$\Delta_m^p = \begin{vmatrix} a_m & a_{m+1} & \ldots & a_{m+p-1} \\ a_{m+1} & a_{m+2} & \ldots & a_{m+p} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m+p-1} & a_{m+p} & \ldots & a_{m+2p-2} \end{vmatrix}; \quad \Delta_{m+2}^p, \quad \Delta_{m+4}^p, \quad \ldots$$

sont différents de zéro.

La fonction

$$(2) \qquad \psi_{mp}(z) = \frac{1}{\Delta_m^p} \begin{vmatrix} z^p & z^{p-1} & \ldots & z & 1 \\ a_m & a_{m+1} & \ldots & a_{m+p-1} & a_{m+p} \\ a_{m+1} & a_{m+2} & \ldots & a_{m+p} & a_{m+p+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{m+p-1} & a_{m+p} & \ldots & a_{m+2p-2} & a_{m+2p-1} \end{vmatrix}$$
$$= (1 - \alpha_{m1} z)(1 - \alpha_{m2} z) \ldots (1 - \alpha_{mp} z)$$

satisfait, d'après les recherches classiques de M. Hadamard, à la condition

(¹) Séance du 11 juillet 1927.

suivante :

$$\lim_{m=\infty} \psi_{mp}(z) = (1-\alpha_1 z)(1-\alpha_3 z)\ldots(1-\alpha_p z).$$

D'autre part, en décomposant la fonction

$$\Phi(z) = \frac{f(z) - a_0 - a_1 z - \ldots - a_{m-1} z^{m-1}}{z^{m-1}} = a_m z + a_{m+1} z^2 + \ldots$$

en une fraction continue

(3)
$$\Phi(z) = \cfrac{1}{\cfrac{\alpha_1}{z} + \beta_1 + \cfrac{1}{\cfrac{\alpha_2}{z} + \beta_2 + \cfrac{1}{\cfrac{\alpha_3}{z} + \beta_3 + \ldots}}},$$

on conclut sans peine que $z^{-p}\psi_{mp}(z)$ est le dénominateur de la $p^{\text{ième}}$ fraction réduite de (3). Les recherches de A. Markoff (voir par exemple l'Appendice au Tome 74 du *Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de Russie*, 1894 en russe) conduisent immédiatement à la proposition suivante : sous les conditions

(4)
$$\Delta_m^1 > 0, \quad \Delta_m^2, \quad \ldots, \quad \Delta_m^p > 0,$$

tous les zéros du polynome $\psi_{mp}(z)$ sont réels.

Or, de (4) et des identités connues

$$\Delta_m^{k+2}\Delta_{m+2}^k = \begin{vmatrix} \Delta_m^{k+1} & \Delta_{m+1}^{k+1} \\ \Delta_{m+1}^{k+1} & \Delta_{m+2}^{k+1} \end{vmatrix} \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots)$$

on déduit

$$\Delta_{m+2}^1 > 0, \quad \Delta_{m+4}^1 > 0, \ldots.$$

Par conséquent des conditions

(5)
$$\Delta_m^1 > 0, \quad \Delta_m^2 > 0, \quad \ldots, \quad \Delta_m^p > 0; \quad \Delta_{m+2}^p > 0, \quad \Delta_{m+4}^p > 0, \quad \ldots$$

découlent les inégalités suivantes :

$$\Delta_{m+2}^1 > 0, \quad \Delta_{m+2i}^2 > 0, \quad \ldots, \quad \Delta_{m+2i}^p > 0; \quad \Delta_{m+2i+2}^p > 0, \quad \Delta_{m+2i+4}^p > 0, \quad \ldots$$
$$(i = 1, 2, 3, \ldots).$$

Ainsi nous avons démontré que les ineglités (5) forment une condition suffisante pour la réalité des nombres (1).

En posant $R \to \infty$, $f(z) = \frac{G'(z)}{G(z)}$, où $G(z)$ est une fonction entière, on obtient le résultat de M. Grommer sur les zéros des fonctions entières (*Journal de Crelle*, 144, p. 158).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements fluides autour de solides infiniment voisins.* Note de M. **D. Riabouchinsky**, transmise par M. G. Kœnigs.

Dans une Communication antérieure [1] j'ai établi une relation entre l'énergie cinétique T du mouvement d'un liquide indéfini de densité ρ autour d'un corps solide de volume v (corps A) limité par une surface Σ, et l'énergie cinétique T_1 du mouvement du liquide autour d'un corps de volume v_1 (corps B), limité par une surface Σ_1, en supposant que les deux corps se meuvent avec la même vitesse U de direction Ox et que la forme, les dimensions et l'orientation du corps A permettent de le considérer comme une partie du corps B.

Nommons $\varphi' = \varphi - Ux$, $\varphi'_1 = \varphi_1 - Ux$ les potentiels uniformes du mouvement relatif autour des corps A et B. Si le potentiel φ_1 est continu à l'intérieur du volume limité par les surfaces Σ, Σ_1, et si les corps A et B sont infiniment voisins, on peut transformer l'équation que j'avais obtenue comme suit :

$$(1) \qquad \delta T + \frac{1}{2}\rho U^2 \delta v = -\frac{1}{2}\rho \int\int_\Sigma \varphi' \frac{\partial \delta \varphi_1}{\delta n} d\sigma.$$

Dans la Note citée j'ai démontré que la première partie de cette expression est > 0. Pour démontrer cette inégalité j'ai aussi appliqué [2] l'équation de la variation de l'énergie cinétique sous la forme

$$(2) \qquad \delta T + \frac{1}{2}\rho U^2 \delta v = \frac{1}{2}\rho \int\int_\Sigma q'^2 \delta n \, d\sigma,$$

où q' est la vitesse relative dans le mouvement φ', et δn l'élément de normale compris entre les surfaces voisines Σ et Σ_1 [3]. J'ai déduit l'équation (2) de l'équation de l'énergie; pour la déduire de l'équation (1), il faut d'abord calculer la variation du potentiel $\delta\varphi$. Le problème de la variation d'un potentiel a été posé et discuté par M. J. Hadamard et M. G. Bouligand. M. B. Demtchenko vient d'étudier ce problème en appliquant la méthode de Fredholm.

---

[1] *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 212; *Thèse*, 1922, p. 7.

[2] *Bulletin technique du Service technique de l'Aéronautique*, **17**, 1924, p. 19-20.

[3] Les valeurs de δn peuvent être, en général, positives ou négatives, et le fluide peut être limité par des parois dont la forme est compatible avec la condition que le fluide reste permanent par rapport aux axes liés au solide. Il est facile de généraliser les équations (1), (2) en considérant des potentiels non uniformes.

J'expose dans la présente Note une méthode très simple permettant de calculer $\delta\varphi$. Nous considérerons le cas d'un solide de révolution dont l'axe est parallèle à la vitesse U, mais la démonstration peut être facilement étendue au cas général. Posons :

$$q' = \frac{\partial\varphi'}{\partial s}, \qquad \delta n = f\left(\frac{s}{s_0}\right)\delta c, \qquad d\,\delta n = \frac{\partial}{\partial s}f\left(\frac{s}{s_0}\right)ds\,\delta c = -\operatorname{tang}\alpha\,ds,$$

où s_0 et δc sont des paramètres dont la dimension est celle d'une longueur et α est l'angle entre la normale n à la surface Σ et la normale n_1 à la surface Σ_1 au point d'intersection de n avec Σ_1. En se souvenant que $\frac{\partial\varphi'}{\partial n}$ s'annule sur Σ et en omettant les membres du deuxième ordre en δc, on a

$$\left(\frac{\partial\varphi'}{\partial n_1}\right)_{\Sigma_1} = \left(\frac{\partial\varphi'}{\partial n}\right)_{\Sigma_1}\cos\alpha + \left(\frac{\partial\varphi'}{\partial s}\right)_{\Sigma_1}\sin\alpha = \left(\frac{\partial^2\varphi'}{\partial n^2}\right)_{\Sigma} f\left(\frac{s}{s_0}\right)\delta c - \left(\frac{\partial\varphi'}{\partial s}\right)_{\Sigma}\frac{\partial}{\partial s}f\left(\frac{s}{s_0}\right)\delta c.$$

Dans le mouvement relatif autour du corps B, on doit avoir

$$\left(\frac{\partial\varphi'_1}{\partial n_1}\right)_{\Sigma_1} = \left(\frac{\partial\varphi'}{\partial n_1}\right)_{\Sigma_1} + \left(\frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial n_1}\right)_{\Sigma_1} = 0,$$

et par conséquent

$$(3) \qquad \left(\frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial n_1}\right)_{\Sigma_1} = \left(\frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial n}\right)_{\Sigma} = -\left(\frac{\partial^2\varphi'}{\partial n^2}\right)_{\Sigma} f\left(\frac{s}{s_0}\right)\delta c + \left(\frac{\partial\varphi'}{\partial s}\right)_{\Sigma}\frac{\partial}{\partial s}f\left(\frac{s}{s_0}\right)\delta c.$$

Cette équation, qui détermine $\delta\varphi$, permet également de calculer la surface déformée correspondant à une variation donnée du potentiel des vitesses; elle peut être aussi appliquée dans le cas des mouvements plans. Si le corps A est une sphère, l'équation (3) conduit aux relations

$$\left(\frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial r}\right)_{r=c} = \left[3\cos\theta f(\theta) + \frac{3}{2}\sin\theta f'(\theta)\right]\frac{U\,\delta c}{c},$$

$$\delta r = f(\theta)\,\delta c = \frac{2c}{2U\sin^2\theta}\int_0^\theta \left(\frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial r}\right)_{r=c}\sin\theta\,d\theta.$$

La constante d'intégration est déterminée par la condition que δr doit rester infiniment petit pour $\theta = 0$. La dernière de ces équations fait voir que, pour un potentiel $\varphi + \delta\varphi$ donné, il ne peut pas exister plus d'une surface, voisine de la sphère $r = c$, en tous les points de laquelle la composante normale de la vitesse est égale à $U\cos\widehat{nx}$; ce problème peut être considéré comme un problème inverse à celui de Neumann. En substituant (3) dans l'équation (1), en intégrant par parties et en tenant compte de l'équation

de continuité

$$\frac{\partial^2 \varphi'}{\partial n^2} + \frac{\partial^2 \varphi'}{\partial s^2} + \frac{1}{y}\frac{\partial \varphi'}{\partial s}\frac{dv}{ds} = 0,$$

on obtient l'équation (2). La fonction harmonique $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$ est définie par l'équation

$$\left(\frac{\partial}{\partial n}\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)_\Sigma = -\left(\frac{\partial^2 \varphi'}{\partial n^2}\right)_\Sigma f\left(\frac{s}{s_0}\right)\dot{c} + \left(\frac{\partial \varphi'}{\partial s}\right)_\Sigma \frac{\partial}{\partial s} f\left(\frac{s}{s_0}\right)\dot{c} + \left(\frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial \varphi_0}{\partial n}\right)_{\Sigma'},$$

et la fonction φ_0 par les valeurs $f\left(\frac{s}{s_0}\right)\dot{c}$ de sa dérivée normale sur la surface Σ.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Le Soleil et l'atmosphère.* Note de M. **Henri Mémery.**

On admet généralement qu'il existe une relation entre les variations des phénomènes solaires d'une part et d'autre part les variations de la température sur les contrées de l'ouest de l'Europe. Cette relation s'observe notamment lors des variations anormales de la température, qui coïncident presque toujours avec un aspect déterminé de la surface solaire, les recrudescences de la température survenant à la suite d'une augmentation dans le nombre ou l'étendue des taches et des facules, et les diminutions de la température survenant à la suite d'une décroissance de ces phénomènes.

L'action probable des taches solaires et des facules ne paraissant pas proportionnelle à leur nombre ou à leur étendue, l'emploi des moyennes annuelles de températures ou de superficie des taches ne fait pas ressortir cette relation aussi nettement que les comparaisons effectuées *chaque jour.*

Les variations anormales de la température sur l'ouest de l'Europe pendant la première quinzaine de juillet 1927 ont coïncidé d'une façon parfaite avec les variations des taches solaires dans le sens indiqué plus haut. En effet l'activité solaire qui, au mois de juin 1927, a été inférieure dans l'ensemble à celle du mois de mai précédent, s'est montrée en recrudescence vers la fin du mois de juin, puis *a diminué de nouveau, rapidement et très sensiblement, du 5 au 15 juillet,* comme l'indiquent les chiffres suivants représentant le nombre des groupes (ou taches isolées) visibles chaque jour sur la surface du Soleil :

25 juin	: 6 groupes ;	6 juillet	: 4 groupes ;
26 »	: 7 »	7 »	: 3 »
27 »	: 8 »	8 »	: 4 »
28 »	: 9 »	9 »	: 4 »
29 »	: 9 »	10 »	: 5 »
30 »	: 8 »	11 »	: 3 »
1 juillet	: 7 »	12 »	: 1 »
2 »	: 8 »	13 »	: 2 »
3 »	: 7 »	14 »	: 1 »
4 »	: 7 »	15 »	: 4 »
5 »	: 7 »	16 »	: 4 »

Parmi ces taches, *deux groupes ont été visibles à l'œil nu;* l'un, paru du 25 juin au 6 juillet (n° 140, depuis le 1er janvier 1927, série de Talence), a été visible à l'œil nu du 29 juin au 5 juillet; l'autre (n° 146), paru du 29 juin au 11 juillet, a été visible à l'œil nu du 3 au 7 juillet. *Ces deux groupes étaient visibles à l'œil nu en même temps les* 3, 4 *et* 5 *juillet.* A ce moment, la température a été très élevée : 35° à Bordeaux, le 4 juillet.

Mais, avec la décroissance des taches, à partir du 5 juillet, est survenu un abaissement sensible de la température et, le 8 juillet, de 11h à 11h30m, on a observé, à Talence, *des nuages de neige passant devant le Soleil;* ce fait est excessivement rare, en été, pour nos latitudes, et indiquait un refroidissement considérable dans les hautes couches, devant amener un nouvel abaissement de la température; c'est en effet ce qui s'est produit.

D'autre part, à la suite de la disparition, le 6 juillet, de l'un des groupes de taches visibles à l'œil nu, des tempêtes et des orages ont sévi sur tout l'ouest de l'Europe à partir du 8 juillet. Puis, le 11 juillet, *lors de la disparition de l'autre grand groupe de taches* visible à l'œil nu, de nouvelles perturbations, accompagnées d'orages excessivement violents, ont atteint près de la moitié de l'Europe.

La coïncidence des dates est frappante, et l'on ne peut que regretter l'absence d'observations solaires en Météorologie, qui prive cette science de documents précieux se rattachant aux causes initiales des principaux phénomènes atmosphériques.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie relativiste des quanta.* Note [1] de MM. **J. Struik** et **Norbert Wiener**, transmise par M. Hadamard.

Conservant les notations d'une Note antérieure [2], supposons, avec Einstein, que la gravitation obéit aux lois

$$K_{\lambda\mu} = 0{,}5\, K g_{\lambda\mu} = 0 \quad [3], \tag{1}$$

où $K_{\lambda\mu}$ est le tenseur de Riemann-Christoffel contracté. On tire alors de (1)

$$K = 0,$$

et de (Q_1) (voir la Note citée)

$$H = -\frac{4\pi^2 m^2 C^4}{e^2 \lambda^2} = C. \tag{Q_2}$$

L'équation normalisée prend alors la forme

$$\Box\psi - 2\sum_{\lambda} p^{\lambda}\frac{\partial\psi}{\partial x^{\lambda}} + (-D + F - C)\psi = 0, \tag{C}$$

qui, par la substitution

$$p_\lambda = \frac{2\pi i \varphi_\lambda}{h},$$

devient l'équation de Schrödinger sous la forme donnée par M. De Donder [4]. Les φ_λ sont les composantes du potentiel électromagnétique, exprimé dans les unités usuelles. L'équation (Q_2), par laquelle la constante h est introduite (donc la condition des quanta), est donc une conséquence immédiate des équations d'Einstein [5].

On peut déduire, en particulier, l'équation originale de Schrödinger de

---

(1) Séance du 11 juillet 1927.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 42.

(3) L'introduction du membre cosmologique ne change rien d'essentiel, elle suggère une relation entre la constante de Planck et le caractère du champ gravitationnel à l'infini.

(4) Th. De Donder, *Sur les extrémales décrites par les électrons et les particules électrisées* [*Bulletin Classe des Sciences Acad. royale de Belgique*, 5e série, 13, séance du 5 février 1927, équation (43)].

(5) Th. De Donder, *Signification et généralisation de l'équation de Schrödinger* [*Bulletin Classe des Sciences Acad. Royale de Belgique*, 5e série, 13, séance du 5 mars 1927, équation (11)].

l'équation (C), en introduisant quelques spécialisations. On obtient ainsi la distribution discontinue de l'énergie exigée par la théorie de Bohr dans le cas statique.

Il faut donc supposer, dans le cas physique, que les p_λ sont des imaginaires pures. Les $g_{\lambda\mu}$ sont, au contraire, réels.

M. De Donder exige, en outre, que D s'annule ([1]), et identifie cette condition avec l'équation auxiliaire de Maxwell. Si nous introduisons, avec M. Cotton, la transformation

$$F(z) = SF\left(\frac{z}{S}\right), \qquad S = S(x^\nu),$$

qui, elle aussi, laisse l'équation (A) invariante, nous voyons que les $g_{\lambda\mu}$ et H restent invariants, et que les p_ν se transforment comme il suit :

$$p_\nu = p_\nu + \frac{1}{2}\frac{1}{S}\frac{\partial S}{\partial x^\nu}.$$

On peut, de cette façon, réduire D à zéro. Cette transformation n'est qu'une calibration des valeurs de ψ en divers points.

La théorie n'exige qu'une seule constante essentielle, contenant la constante de Planck. La séparation des autres constantes figurant dans (Q_2) ne semble être possible que dans le cas où il y a au moins deux électrons.

La théorie du mouvement de l'électron devient donc la théorie des invariants et covariants de l'équation différentielle partielle linéaire du second ordre du type hyperbolique normal sous les transformations ponctuelles arbitraires des variables indépendantes et la multiplication de la variable dépendante par une fonction arbitraire.

Du point de vue mathématique, la théorie conduit à des résultats intéressants énoncés déjà en partie dans les Mémoires de M. Cotton et de M. Levi-Cività. Elle contient de plus une théorie invariante des solutions qui ne diffère guère des théories de Riemann et de M. Hadamard, et qui fait usage de l'idée d'équation adjointe invariante introduite aussi par M. Cotton.

L'équation de De Donder se transforme en son adjointe invariante par le changement de i en $-i$. Elle peut être caractérisée par cette propriété, jointe à la condition des quanta (Q_2).

([1]) *Loc. cit.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Structure fine spectrale dans le champ gravifique du Soleil.* Note de M. **H.-L. Vanderlinden**, présentée par M. M. de Broglie.

Considérons, dans le champ gravifique du Soleil, un électron se mouvant dans un champ électrostatique. Le champ gravifique de Schwarzschild est défini en coordonnées polaires par

$$ds^2 = -G^{-1}(dr^2 + r^2\,d\theta^2 + r^2 \sin^2\theta\,d\varphi^2) + c^2 G\,dt^2, \tag{1}$$

où

$$G \equiv 1 - \frac{2M}{R} = \text{const.};$$

M est le rayon gravifique du Soleil ($M = 1^{\text{km}},47$) et R la distance du noyau atomique au centre du Soleil.

Si E est l'énergie totale et V l'énergie potentielle de l'électron considéré, l'équation de Jacobi s'écrira

$$\left(\frac{\partial S}{\partial r}\right)^2 + \frac{1}{r^2}\left(\frac{\partial S}{\partial \theta}\right)^2 + \frac{1}{r^2\sin^2\theta}\left(\frac{\partial S}{\partial \varphi}\right)^2 = \left(\frac{E}{G} - V\right)^2 - \frac{m_0^2 c^4}{G},$$

où m_0 est la masse propre de l'électron.

L'équation de quantification ([1]) de de Broglie-Schrödinger, *appliquée au champ gravifique* (1), est

$$\Delta\psi + \frac{4\pi^2}{h^2 c^2 G^2}[(E - V)^2 - G m_0^2 c^4]\psi = 0. \tag{2}$$

I. Pour l'atome d'hydrogène dans un champ de Minkowski, on a

$$V' = -\frac{e^2}{r'},$$

où les accents indiquent les variables propres de ce système. Pour passer du champ gravifique (1) au champ de Minkowski

$$ds^2 = -dr'^2 - r'^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\,d\varphi^2) + c^2\,dt'^2, \tag{3}$$

nous utilisons le changement de variables

$$r = r' G^{\frac{1}{2}}, \qquad \theta' = \theta, \qquad \varphi' = \varphi, \qquad t = t' G^{-\frac{1}{2}}. \tag{4}$$

([1]) Th. De Donder, *Bull. Acad. royale de Belgique, Cl. des Sc*, 5e série, 13, 5 mars 1927; voir équation (11).

Par variance, nous obtenons

(5) $$V' = -\frac{e^2}{r} G^{\frac{1}{2}} \quad \text{et} \quad V = -\frac{e^2}{r} G.$$

Posons successivement

(6) $$E = E'\sqrt{G} = (\varepsilon' + m_0 c^2)\sqrt{G},$$

(7) $$\frac{4\pi^2 e^2}{h^2 c^2}(m_0 c^2 + \varepsilon') = \frac{1}{a'} = \frac{G^{\frac{1}{2}}}{a},$$

(8) $$a'^2 \frac{4\pi^2}{h^2 c^2}(2 m_0 c^2 \varepsilon' + \varepsilon'^2) = \beta',$$

et introduisons la constante de la structure fine $\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc}$; l'équation des ondes (2) s'écrira

$$\Delta\psi + \left(\frac{\beta'}{a} + \frac{2}{ar} + \frac{\alpha^2}{r^2}\right)\psi = 0.$$

On sait [1] que cette équation admet des solutions quantiques

(9) $$\beta' = -\frac{1}{(n+k)^2},$$

où $k = 1, 2, 3, \ldots$, et où n varie par demi-quanta.

Il en résulte, par (7), (8) et (9), que les niveaux d'énergie de l'atome dans le champ du Soleil sont donnés par

(10) $$E = E'\sqrt{G}, \qquad E' = m_0 c^2 \frac{n+k}{\sqrt{(n+k)^2 + \alpha^2}}.$$

L'expression de E' n'est autre que la formule de la structure fine de Sommerfeld dans le champ de Minkowski (3).

On en déduit, grâce à la relation $E = h\nu$, la loi d'Einstein du déplacement des raies spectrales de l'atome dans le champ du Soleil.

II. Considérons un solide mobile autour d'un *point fixe*. Dans le champ gravifique (1), le mouvement sera défini par

(11) $$ds^2 = -r^2 G^{-1}(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) + e^2 G\, dt^2.$$

Désignons par $A = m_0 r'^2 = m_0 \frac{r^2}{G} = \text{const.}$ le moment d'inertie du système. L'équation de Jacobi se rapportant à ce rotateur sera

$$\frac{m}{A}\left(\frac{\partial S}{\partial\theta}\right)^2 + \frac{m}{A\sin^2\theta}\left(\frac{\partial S}{\partial\varphi}\right)^2 = \frac{E^2}{G} - m^2 c^4.$$

---

(1) V. Fock, *Zeitschrift für Physik*, 38, 1926, p. 242.

Par le procédé variationnel indiqué par Th. De Donder, l'équation de quantification s'écrira

$$\Delta\psi + \frac{4\pi^2}{h^2 c^2}\frac{A}{m}\left(\frac{E^2}{G} - m_0^2 c^4\right)\psi = 0,$$

où $\Delta\psi$ dépend uniquement de θ et φ. Le mouvement du solide est le même que celui d'un point matériel sur une sphère. On en déduit la relation connue (¹)

$$\frac{4\pi^2}{h^2 c^2}\frac{A}{m}\left(\frac{E^2}{G} - m_0^2 c^4\right) = n(n+1) \qquad (n = 0, 1, 2, 3, \ldots).$$

Les niveaux d'énergie sont donc

$$(12) \qquad E = m_0 c^2\left(1 + \frac{h^2 n(n+1)}{4\pi^2 m_0 A c^2}\right)^{\frac{1}{2}} G^{\frac{1}{2}} \sim m_0 c^2\sqrt{G} + \frac{h^2 n(n+1)}{8\pi^2 A}\sqrt{G}.$$

En comparant avec la formule classique des spectres de bandes, la formule (12) fournit la loi du déplacement des bandes dans le champ gravifique du Soleil.

En particulier, la rotation d'une molécule autour d'un axe fixe donnera lieu au déplacement vers le rouge de la série de Deslandres.

ÉLECTRICITÉ. — *Conditions de discontinuité de la décharge dans les gaz.* Note de M. R. Anthouard, présentée par M. Ch. Fabry.

Quand un tube à vide est alimenté à travers une grande résistance par une source à potentiel constant, la décharge passe d'une manière discontinue pour certaines valeurs de la pression. J'ai fait à ce sujet les expériences suivantes.

La source à potentiel constant V est constituée par des condensateurs chargés par un transformateur à travers des kénotrons. Le potentiel obtenu peut varier de 20000 à 50000 volts. La résistance R est de 200 mégohms. Le tube est cylindrique; il a 4^{cm} de diamètre. Les électrodes sont planes, centrées sur l'axe du tube et distantes de 5^{cm}, puis de 15^{cm}. Le gaz employé est l'air. Dans ces conditions le circuit est traversé par un courant moyen inférieur à 300 microampères.

Dans les premières expériences, on observait des discontinuités pour des pressions voisines de $0^{mm},01$, c'est-à-dire très près de l'extinction du tube.

(¹) E. Schrödinger, *Annalen der Physik*, 4ᵉ série, **79**, 1926, p. 521.

On voyait alors des points lumineux irrégulièrement répartis sur la cathode; la décharge passait parfois derrière elle. Ces discontinuités ont disparu en prenant les précautions suivantes : 1° les électrodes sont parfaitement propres et dépourvues d'aspérités (elles sont polies et les angles des bords sont abattus); 2° elles occupent presque toute la largeur du tube. Dans ces conditions, la discontinuité de la décharge cathodique, du moins pour les fréquences audibles, peut être évitée par un montage convenable de la cathode.

Quand la pression augmente, la décharge passe d'une manière continue, puis vers $0^{mm},1$, l'aspect du tube change et une nouvelle discontinuité apparaît. On entend un son bien stable en intercalant un téléphone dans le circuit. Une théorie, dont l'idée est due à Perkins [1], paraît en donner une explication satisfaisante. Tout se passe comme si l'on chargeait une capacité C (constituée par les électrodes et les fils qui y aboutissent) à travers la résistance R. Quand le potentiel atteint une valeur v_1, le condensateur de capacité C se décharge à travers le tube; son potentiel s'abaisse; quand il atteint une valeur v_0, la décharge s'arrête et la capacité recommence à se charger. Un oscillographe placé entre la source au potentiel V et la résistance R m'a permis d'obtenir des courbes de courant ayant bien la forme prévue par la théorie.

Pendant que le condensateur se charge, soient v la tension aux bornes du tube et I le courant, à l'instant t,

$$V = RI + v, \qquad I = C\frac{\partial v}{\partial t};$$

d'où $V - v = (V - v_0)e^{-\frac{t}{CR}}$ en prenant pour instant initial celui où la capacité recommence à se charger. Soient I_0 le courant à cet instant et t_1 le temps nécessaire pour que v atteigne la valeur v_1 et I la valeur I_1. On a

$$t_1 = CR \operatorname{Log}\frac{V - v_0}{V - v_1} = CR \operatorname{Log}\frac{I_0}{I_1}. \tag{1}$$

V et R sont déterminés à chaque expérience; les courbes donnent I_0, I_1 et t_1; on peut ainsi calculer V_0, V_1 et C. Dans les expériences qui ont permis de vérifier la relation (1), la source à potentiel constant était constituée par des piles permettant d'atteindre 800 volts. L'oscillographe avait montré que le montage précédent ne donnait pas un potentiel suffisamment constant.

Voici les résultats obtenus dans une série d'expériences où la pression

[1] *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1170 et 1389.

était 0^{mm}, 12. Les potentiels sont exprimés en volts, la résistance en mégohms, les intensités en microampères, la capacité en unités électrostatiques, le temps en cent-millièmes de seconde :

V.	R.	I_0.	V_0.	I_1.	V_1.	t_1.	C.
653	16,9	8	518	4,7	573	88	86,8
662	16,6	8,7	518	5,3	574	75	85
682	16,8	10	514	6,3	576	66	87,6
702	16,8	11,3	512	7,7	572	62	88,5

Aux erreurs d'expérience près, V_0, V_1 et C apparaissent comme constants.

J'ai pu vérifier que t_1 était proportionnel à C dans une très large mesure. Pour une pression de 0^{mm},38 et un potentiel de 811 volts, une courbe donnait $t_1 = 105$. En mettant des capacités de 0,125, 0,25 et 0,5 microfarad en dérivation sur le tube, on le voyait s'allumer à des intervalles de temps de 15, 30, 60 secondes en moyenne et s'éteindre au bout d'une seconde environ. Or, en calculant le temps de charge, pour 0,5 microfarad on trouve $t'_1 = 58^{sec}, 7$.

La proportionnalité à R a été aussi bien vérifiée. Pour une pression de 0^{mm},19 et un potentiel de 802 volts, avec une capacité de 0,25 microfarad, on avait $t_1 = 1^{sec}, 1$ pour $R = 41,5$ mégohms. En mettant une résistance $R = 19,5$ mégohms, on devait avoir $t'_1 = 0,567$; on obtenait 0^{sec},55.

La relation (1) paraît donc bien vérifiée. Elle permet de prévoir le sens des variations de la fréquence tant qu'on reste dans un domaine de discontinuité et de la calculer approximativement tant qu'elle n'est pas trop élevée.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la répartition du champ électrique dans l'espace sombre.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. Dans une Note précédente ([1]), j'ai montré comment il était nécessaire de supposer que les ions positifs possèdent un certain pouvoir ionisant pour pouvoir rendre compte des courbes obtenues expérimentalement pour la distribution du champ dans l'espace sombre. Mais j'ai admis, comme hypothèse simplificatrice, que le courant d'ions positifs provient en majeure partie de la lueur négative et que les ions positifs créés par le passage des rayons cathodiques sont en nombre négligeable. En faisant le calcul complet,

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 51.

c'est-à-dire en tenant compte de toutes les sources possibles d'ions positifs, la représentation théorique des courbes est encore plus satisfaisante; on obtient, de plus, des renseignements intéressants sur la valeur relative des différents courants d'ions positifs traversant l'espace sombre.

2. Conservons les notations utilisées dans la Note précédente; soit n_2^0 le nombre des rayons cathodiques émis à la cathode; si λ_2 est le parcours moyen d'un rayon cathodique, parcours au bout duquel il produit, par choc, un nouvel ion positif, et par suite aussi un nouveau rayon cathodique, le nombre de rayons cathodiques au point d'abscisse ξ est

$$n_2 = n_2^0 e^{\frac{\mathrm{E}+x_0-\xi}{\lambda_2}}.$$

Le nombre des ions positifs créés par ces rayons cathodiques entre ξ et $\xi + d\xi$ est

$$d\,n_1(\xi) = n_2(\xi)\frac{d\xi}{\lambda_2}.$$

Ces ions positifs, en se dirigeant vers la cathode, vont créer de nouveaux ions positifs, et leur nombre au point x est devenu

$$d\,n_1(\xi,\,x) = n_2(\xi)\,e^{\frac{\alpha-1}{\lambda_1}(x-\xi)}\frac{d\xi}{\lambda_2}.$$

Le nombre total des ions passant en x est ainsi

$$n_1(x) = \int_{x_0}^{x} n_2^0\,e^{\frac{\mathrm{E}+x_0-\xi}{\lambda_2}}\,e^{\frac{\alpha-1}{\lambda_1}(x-\xi)}\frac{d\xi}{\lambda_2}.$$

Ajoutons à ces ions, dus uniquement au passage des rayons cathodiques, ceux qui peuvent provenir de la lueur négative, on obtient ainsi le courant total des ions positifs :

$$n_1(x) = \rho_0 v_0\,e^{\frac{\alpha-1}{\lambda_1}(x-x_0)} + \frac{n_2^0\,e^{\frac{\mathrm{E}}{\lambda}}}{1+\frac{\lambda_2}{\lambda_1}(\alpha-1)}\left[e^{\frac{\alpha-1}{\lambda_1}(x-x_0)} - e^{-\frac{(x-x_0)}{\lambda_2}}\right].$$

Ayant ainsi déterminé le courant d'ions positifs, nous pouvons calculer le nombre d'ions positifs formés par choc entre x et $x + dx$ et provenant : 1° du passage des ions $n_1(x)$; 2° du passage des rayons cathodiques $n_2(x)$

$$dn = n_1(x)\,\alpha\frac{dx}{\lambda_1} + n_2(x)\frac{dx}{\lambda_3}.$$

En sorte que l'équation de Poisson s'écrit

$$\int_{x_0}^{\xi} \varepsilon\left(n_1 \alpha \frac{dx}{\lambda_1} + n_2^0 e^{\frac{E+x_0-x}{\lambda_2}} \frac{dx}{\lambda_2}\right) \frac{e^{\frac{\xi-x}{\lambda_1}}}{\sqrt{\frac{2\varepsilon}{m}(V_\xi - V_x)}} = \frac{1}{4\pi} \frac{d^2V}{d\xi^2}.$$

Comme je l'ai indiqué dans ma Note précédente, on est ramené d'abord au calcul des intégrales de la forme

$$\mathcal{J} = \int_{x_0}^{\xi} e^{m(x-x_0)} \frac{e^{-\frac{\xi-x}{\lambda_1}}}{\sqrt{V_\xi - V_x}} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{\frac{1}{\lambda_1} + m\sqrt{\frac{dV}{d\xi}}}} e^{m(\xi-x_0)}.$$

En intégrant ensuite l'équation de Poisson, on obtient le champ par la relation

$$A\left(\frac{dV}{dx}\right)^{\frac{3}{2}} = a\left[e^{(x-x_0)\frac{\alpha-1}{\lambda_1}} - 1\right] - b\left[1 - e^{-\frac{x-x_0}{\lambda_2}}\right],$$

où

$$A = \frac{2}{3} \frac{1}{4\pi\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{2\varepsilon}{m}} \cdot \frac{1}{\varepsilon\sqrt{\lambda_1}}, \qquad a = \frac{\sqrt{\alpha}}{\alpha - 1}\left(\rho_0 v_0 + \frac{\beta}{\frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1}\right), \qquad b = \frac{\beta\sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_1}}}{\sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1}},$$

$$\beta = \frac{n_2^0 e^{\frac{E}{\lambda_2}}}{1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1}(\alpha - 1)} \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1\right).$$

3. En supposant que $\lambda_2 = 4\lambda_1$, on peut calculer, d'après lès courbes, les différentes constantes. Dans le cas de champs faibles (par exemple 200 volts par centimètre), on trouve que la lueur négative ne fournit aucun ion. Voici les valeurs calculées sur une courbe donnée par Aston [1] (hydrogène à la pression de $\frac{1}{10}$ de millimètre) :

$$a = 15, \qquad b = 1,39, \qquad \alpha - 1 = \frac{1}{38};$$

cela donne

$$\beta = 1,2 \qquad \text{et} \qquad \rho_0 v_0 = 0,395 - 0,4,$$

c'est-à-dire zéro, à la précision des expériences. D'autre part, la valeur de $\alpha - 1$ ainsi calculée correspond très bien aux valeurs correspondantes déterminées par Townsend pour le pouvoir ionisant des rayons positifs [2].

---

(1) Aston, *Proc. Roy. Soc.*, **84**, 1911, p. 526.

(2) Townsend, *Phil. Mag.*, **8**, 1904, p. 738.

Quand la décharge a lieu dans un vide cathodique, les mesures ne sont pas assez précises pour qu'on puisse dire si la lueur négative émet des ions positifs. Cependant il semble bien, dans ce cas, qu'elle doive jouer un rôle important.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur le caractère atomique de quelques propriétés des rayons* X. Note de M. **E. Delauney**, présentée par M. G. Urbain.

L'explication d'un certain nombre de propriétés des rayons X à l'aide de la théorie de Bohr permet de prévoir leur caractère atomique. C'est, par exemple, le cas de l'émission par bombardement cathodique ou par fluorescence, de l'absorption sélective d'un faisceau de rayons X.

J'ai essayé de savoir si le caractère atomique, supposé vrai pour le phénomène élémentaire, se conserve dans le phénomène global qui se présente à l'expérimentation.

Seules parmi les propriétés citées précédemment l'absorption sélective conserve le caractère atomique. Dans une précédente Communication ([1]) j'ai montré que chaque élément contenu dans l'écran absorbait comme s'il était seul.

Dans son premier Mémoire (*Chem. News*, 1923) Coster admettait que l'intensité des lignes correspondantes de 2 éléments consécutifs était proportionnelle à la concentration de chaque élément présent dans l'anticathode.

Après une étude plus approfondie, Coster et Nishima (*Chem. News*, mars 1925) ont reconnu que cette hypothèse ne concordait pas avec l'expérience. Ils attribuent ce fait aux phénomènes secondaires dus à l'élévation considérable de température au point d'impact.

Dans l'émission par fluorescence, ces causes d'erreurs étant supprimées, j'ai recherché la loi qui relie l'intensité du rayonnement avec la concentration de l'élément dans la matière irradiée. J'ai constaté que la loi de proportionnalité n'est pas vérifiée.

Si l'on soumet le phénomène au calcul, on trouve que les intensités respectives des rayonnements de fluorescence émis par les éléments contenus dans le mélange sont, en supposant le faisceau primaire monochro-

---

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1658.

matique et d'intensité I_0 :

$$I_1 = I_0 p_1 \frac{n_1}{a_1 n_1 + a_2 n_2} [1 - e^{-(a_1 n_1 + a_2 n_2)E}],$$

$$I_2 = I_0 p_2 \frac{n_2}{b_1 n_1 + b_2 n_2} [1 - e^{-(b_1 n_1 + b_2 n_2)E}],$$

p_1 et p_2 désignant les pouvoirs émissifs respectifs des deux éléments ; n_1 et n_2 leurs concentrations.

a_1, a_2, b_1, b_2 étant définis par les relations

$$a_1 = \nu_1 - \nu'_1, \qquad a_2 = \nu_2 - \nu'_2, \qquad b_1 = \nu_1 - \nu''_1 \qquad \text{et} \qquad b_2 = \nu_2 - \nu''_2,$$

où ν_1 et ν_2 sont les coefficients d'absorption de la radiation primaire par les deux éléments ; $\nu'_1 \nu'_2$, $\nu''_1 \nu''_2$ les coefficients relatifs aux radiations de fluorescence.

Les intensités des rayonnements de fluorescence seront proportionnelles aux concentrations des éléments lorsque les deux conditions suivantes seront remplies :

1° Les longueurs d'ondes des radiations de fluorescence des deux éléments sont supérieures à celles des discontinuités ;

2° Les numéros atomiques N_1 et N_2 des deux éléments sont suffisamment voisins pour que l'on puisse confondre N_1^3 avec N_2^3.

En général la proportionnalité n'aura pas lieu.

Étude expérimentale. — La méthode d'ionisation étant la seule qui permette une mesure rapide et précise de l'intensité d'un faisceau de rayons X, j'ai renoncé à l'utilisation d'un cristal pour analyser ce faisceau. La réduction d'intensité due à la réflexion aurait été telle qu'il n'aurait plus été possible de déceler les faisceaux au moyen de la chambre d'ionisation au xénon dont je disposais.

Toutes les précautions ont été prises pour diminuer le plus possible ou corriger les erreurs relatives aux radiations diffusées et aux radiations réfléchies sur les faces cristallines des mélanges à étudier.

Résultats. — J'ai irradié des mélanges de chlorures de strontium et de baryum dont les proportions sont données dans la première colonne du tableau. Les courants d'ionisation ont été déterminés par la méthode de charge ; ils sont consignés dans la deuxième colonne. La troisième colonne contient enfin les nombres proportionnels à l'intensité du faisceau de radiations de fluorescence émis par les éléments présents.

	Composition des mélanges.		Courants d'ionisation. 10cm de déviation.	16cm,5 de déviation.	Intensité du rayonnement de fluorescence.	
I...	Cuve vide		0,0244	0,0106		
II...	$SrCl^2$	19,79	0,0270	0,0122	0,0026	0,0016
III...	$SrCl^2$ / $BaCl^2$	16,6 / 5,2	0,0455	0,0222	0,0211	0,0116
IV...	$SrCl^2$ / $BaCl^2$	12,2 / 12,2	0,0715	0,0400	0,0471	0,0294
V...	$SrCl^2$ / $BaCl^2$	6,4 / 20,4	0,0870	0,0500	0,0626	0,0394
VI...	$BaCl^2$	36,6	0,109	0,0606	0,0846	0,500

Conclusions. — Les nombres obtenus pour l'intensité de fluorescence ne vérifient pas la loi d'additivité, l'intensité de fluorescence croît beaucoup moins vite que la quantité de chlorure de baryum. Si l'on porte en abscisses les intensités, et en ordonnées les poids, on obtient une courbe dont l'allure est conforme aux expressions trouvées pour I_1 et I_2.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Changements des propriétés optiques du quartz sous l'influence du champ électrique.* Note [1] de M. **Ny Tsi Ze**, présentée par M. Ch. Fabry.

Considérons un parallélépipède rectangle de quartz ayant quatre arêtes parallèles à l'axe optique et quatre arêtes parallèles à l'un des axes électriques. Les directions de l'axe optique, de l'axe électrique et la troisième direction rectangulaire sont caractérisées par les indices n_e, n_{01}, et n_{02} des vibrations extraordinaire et ordinaire. Quand le quartz ne subit aucune déformation, n_{01} est égal à n_{02}.

Établissons maintenant un champ électrique suivant l'axe électrique; la surface d'onde se déforme, le cristal devient biaxe et les indices dans les trois directions deviennent :

$$n_e + \Delta n_e, \quad n_{01} + \Delta n_{01}, \quad n_{02} + \Delta n_{02}.$$

L'observation doit être faite dans deux directions différentes et la mesure de ces variations des indices a été complètement effectuée de la manière suivante :

(1) Séance du 11 juillet 1927.

Nous déterminons d'abord les variations des indices Δn_e et Δn_{02} des vibrations extraordinaire et ordinaire dans la direction de l'axe électrique. Pour cela nous observons les anneaux à l'infini produits, soit avec le rayon ordinaire, soit avec le rayon extraordinaire, entre les deux faces normales à l'axe électrique recouvertes d'une argenture assez forte mais cependant transparente. La variation d'épaisseur ayant déjà été mesurée ([1]), la détermination du changement d'ordre d'interférence sous l'influence du champ électrique permet de calculer la variation d'indice.

Pour un certain sens du champ électrique, les anneaux à l'infini, avec le rayon ordinaire ou avec le rayon extraordinaire, sortent; et inversement les anneaux à l'infini diminuent de diamètre lorsque le sens du champ électrique est contraire au précédent. Le nombre des franges déplacées dans un sens ou dans l'autre est le même en valeur absolue.

Nous avons mesuré les variations des indices sur trois lames d'épaisseurs de $2^{mm},52$, $5^{mm},29$ et $10^{mm},35$, respectivement. Les variations totales observées sont identiques dans les trois cas et par conséquent indépendantes de l'épaisseur. On trouve, par unité du champ, $H = \frac{V}{e} = 1$ C. G. S., U. E. S., et pour la radiation verte du mercure,

$$\Delta n_e = \pm 2,9 \times 10^{-8},$$
$$\Delta n_{02} = \pm 3,9 \times 10^{-8}.$$

Les deux indices varient donc d'une manière inégale et par suite la biréfringence est modifiée. Ce dernier résultat a été vérifié directement avec les hyperboles de Müller.

Pour observer les variations de biréfringence dans la direction normale aux axes optique et électrique, nous utilisons les spectres cannelés de Fizeau et Foucault, la biréfringence naturelle de la lame à étudier étant compensée par une autre lame d'à peu près même longueur.

La double réfraction diminue lorsque l'on charge positivement l'extrémité de l'axe électrique, qui deviendrait positive par une compression exercée dans la direction de cet axe; elle augmente lorsque le sens du champ électrique est contraire au précédent. C'est ce qui a été d'ailleurs constaté qualitativement par Röntgen et par Kundt ([2]).

Nous avons mesuré ces variations de biréfringence sur deux lames de $45^{mm},48$ et $45^{mm},00$ de long et de $5^{mm},29$ et $12^{mm},66$ d'épaisseur. Nous trou-

---

([1]) Ny Tsi Ze, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1645.

([2]) Wied, *Ann. der Physik*, 18, 1883, p. 213, 228 et 534.

vous par unité de champ, pour $\lambda = 5430\,\text{Å}$,

$$\Delta(n_e - n_{01}) = \pm 1,33 \times 10^{-8}.$$

Il en résulte que l'on a :

$$\Delta n_{01} = \pm 1,6 \times 10^{-8}$$
$$\Delta n_{02} = \pm 3,9 \times 10^{-8}$$
$$\Delta n_e = \pm 2,9 \times 10^{-8}$$

par unité du champ et pour la radiation verte du mercure.

En résumé, lorsque l'on charge positivement l'extrémité de l'axe électrique qui deviendrait positive par une compression exercée dans la direction de cet axe (il y a un allongement dans la direction de l'axe électrique et une contraction dans la direction normale aux axes optique et électrique), les indices dans les trois directions définies par les arêtes du parallélépipède rectangle de quartz diminuent de manière que l'on ait une augmentation de biréfringence dans la direction de l'axe électrique et une diminution de biréfringence dans la direction normale aux axes optique et électrique. Tous ces phénomènes changent de signe lorsque le sens du champ électrique est renversé. Leurs grandeurs sont proportionnelles aux champs.

Ces variations de biréfringence ne sont pas simplement des effets secondaires dus aux dilatations électriques du quartz : en effet, les variations de la biréfringence par pression mécanique [1] ne sauraient les expliquer ni en grandeur ni en signe.

Il y a bien là un phénomène électro-optique; ce phénomène est essentiellement différent du phénomène de Kerr puisqu'il dépend linéairement du champ électrique, et change de sens avec le champ. Ces caractères se manifestent dans les modifications optiques des cristaux dépourvus de centre parmi lesquels nous signalerons la tourmaline et le sel de Seignette [2].

Ces changements de propriétés optiques du quartz pourront, comme ses déformations, donner lieu à des applications.

---

(1) DONGIER, *Ann. de Physique*, 7e série, **14**, 1898, p. 493.
(2) Voir VOIGT, *Magneto und Electrooptik*, p. 341.

SPECTROSCOPIE. — *Influence du champ magnétique sur la polarisation de la radiation de résonance du cadmium.* Note de M. **Paul Soleillet**, présentée par M. Jean Perrin.

On connaît les intéressantes expériences de Wood et Ellett (¹) sur la radiation $\lambda = 2537$ Å émise par résonance de la vapeur de mercure et l'influence remarquable des champs magnétiques faibles sur cette polarisation. Il y avait lieu de répéter ces expériences sur un métal de la même famille pour la radiation correspondante. Mac Nair vient de publier (²) quelques résultats sur le cadmium relatifs à la radiation $\lambda = 3261$ Å. Dans un champ magnétique nul (champ terrestre compensé) il a obtenu une polarisation d'à peine 35 pour 100. La pression de la vapeur était alors la pression maxima à 210°, température du point le plus froid du tube de résonance. Or j'avais observé qu'à cette pression se produit déjà de la résonance secondaire, dépolarisée sans doute, comme l'ont observé Wood et Ellett pour le mercure. Il y avait donc intérêt pour augmenter la polarisation à répéter l'expérience à une plus basse pression.

La lumière excitatrice produite par un arc à vapeur de cadmium, dans le vide, soufflé magnétiquement, se propage horizontalement. La vibration électrique est rendue verticale par un foucault. Le tube de résonance en quartz est maintenu dans sa partie éclairée à 225° tandis que son prolongement est maintenu à 170°. Le champ magnétique terrestre est compensé par du courant passant dans six bobines plates formant les faces d'un cube. Une modification des courants permet d'opérer dans un champ magnétique d'intensité et de direction arbitraires. On observe la lumière sortant à 90° du faisceau incident et dans un plan horizontal. Une lentille de quartz fait sur une plaque photographique l'image d'un diaphragme de 2^{mm} placé contre le tube. Entre le diaphragme et la lentille deux biprismes de Wollaston, l'un posé sur un plan horizontal le second fixé sur un cercle gradué mobile, permettent d'obtenir quatre images du diaphragme. Quand deux de ces images sont d'égale densité, on peut déduire de l'angle que font les deux wollastons le rapport des intensités des deux faisceaux à vibration électrique horizontale et verticale à la sortie du premier

(¹) Wood et Ellett, *Phys. Rev.*, 24, 1924, p. 293.

(²) Mac Nair, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 677.

wollaston et par suite la valeur

$$p = \frac{I_V - I_H}{I_V + I_H}$$

du degré de polarisation par rapport à ces directions.

Pour l'étude de la rotation du plan de polarisation, on a remplacé le diaphragme par un double prisme de Soleil en quartz droit et gauche perpendiculaire à l'axe. L'un des wollastons est supprimé. Le déplacement des franges photographiées permet d'apprécier les rotations.

Voici les résultats d'un premier examen des clichés. Les nombres sont susceptibles de retouches n'altérant pas l'ordre de grandeur :

1° Si le champ magnétique est nul, la polarisation observée est de 73 pour 100 quand la température de la paroi froide est 170°. Elle reste sensiblement la même encore à 115°. A 210°, au contraire, elle n'est plus que de 35 pour 100 conformément aux résultats de Mac Nair. L'intensité maxima est en faveur de la vibration électrique verticale.

2° Si le champ magnétique est vertical, aucune modification.

3° Si le champ magnétique est dirigé suivant la direction de propagation de la lumière excitatrice, la polarisation tombe à 50 pour 100 pour $H = 0,2$ gauss.

4° Si le champ magnétique est dirigé suivant la direction d'observation, la polarisation décroît vite avec le champ magnétique.

$H = 0,016$ gauss	$p = 50$ pour 100
$H = 0,033$ »	$p = 18$ »
$H = 0,085$ »	$p = 0$ »

p = polarisation par rapport aux directions verticale et horizontale (définie plus haut).

Dans ce cas, le plan de polarisation tourne de 0 à 45° tandis que la polarisation vraie diminue. Le sens de rotation s'inverse avec celui du champ magnétique.

Ces résultats sont qualitativement ceux obtenus pour le mercure. Toutefois la polarisation est loin d'être atteinte.

La dépolarisation sous l'influence du champ magnétique est au contraire bien plus forte que pour le mercure. Ce dernier exige plus d'un gauss pour une dépolarisation complète alors qu'un dixième est suffisant pour le cadmium. Ce phénomène paraît être le phénomène optique le plus sensible au champ magnétique connu à ce jour.

OPTIQUE. — *Polarisation elliptique produite par réflexion à la surface des liquides.* Note de M. **Ch. Bouhet**, présentée par M. Cotton.

Dans une Note précédente (1) j'ai montré comment la méthode de Chaumont pouvait donner avec une assez bonne précision l'ellipticité K de la vibration elliptique produite par réflexion sur la surface des liquides, sous l'incidence brewstérienne de la lumière polarisée. J'ai appliqué cette méthode à l'étude de divers liquides.

Étude des solutions salines.

Solution.	Indice $p.\lambda = 546$.	Temp.	$K \times 10^5$.	Valeur de Jamin.
SO^4Na^2..........	1,3455	14°	+ **42**	—1383
No^3K............	1,3500	"	+ **40**	— 666
No^3Na...........	1,3618	"	+ **41**	— 561
Zn Cl^2...........	1,3510	"	+ **42**	
»	1,3735	12,8	+ **43**	—1152
»	1,3740	"	+ **43**,5	
»	1,4046	15	+ **39**	— 378
»	1,4455	16,6	+ **38**	+ 920
»	1,4616	18	+ **39**	+ 103
»	1,5215	21,9	+ **39**	
»	1,3510			
»	1,3510		**—467**	

Des valeurs ci-dessus et de celles trouvées pour l'eau il résulte que la réflexion à la surface des solutions salines est toujours *positive*, les valeurs négatives données par Jamin provenant indiscutablement d'une surface sale. Les nombres positifs très grands donnés par lui sont vraisemblablement dus à ce que la méthode employée comportait une précision très faible.

Étude de liquides organiques. — Les liquides étudiés ont été en général simplement bien essuyés avant chaque série de pointés, les liquides organiques ayant une tension superficielle faible et ayant peu de chance d'être souillés (j'ai vérifié dans les cas 4-5, 18-19, 21-22, qu'il en était bien ainsi).

Le tableau suivant donne les valeurs obtenues :

---

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 53.

Nos.	Corps étudiés.	Tempé-rature.	Tension superfi-cielle (1).	n_{546}.	K + 10⁵.	Valeurs de Jamin.	Biré-fringence magnét.
1.	Iodure de méthylène....	18°,0		1,7495	+221,0		+ 12,3
2.	Bromonaphtalène.. ...	17,5		1,6680	139		+ 99
3.	Styrolène............	19,2		1,5494	133		+ 36,8
4.	Benzine.............	13	30	1,5089	132		+ 23
5.	» (non nettoyée)..	15		»	132		»
6.	Para-xylène........ ..	14,6	30	1,5026	129		+ 26,6
7.	Ortho-xylène..........	17	30	1,5115	127,5		+ 27,8
8.	Tétrachlor. de carbone.	12,5	25,7	1,4681	126		0
9.	Quinoléine...........	14,9		1,6373	126		+ 83
10.	Méta-xylène..........	18,7	30	1,5023	124		+ 25
11.	Cyclohexane..........	16,5	25,7	1,4295	121		
12.	Dibrom. d'éthylène.....	17,6	28,9	1,5443	114	+185	— 7,1
13.	Acide pélargonique.....	20		1,4338	102		
14.	Alcool octylique.......	17,7		1,4256	101		
15.	Acétate d'éthyle........	15,9	23,6	1,3757	99	+117	
16.	Benzoate d'éthyle......	16,2	36	1,5112	96	+188	+ 37
17.	Acide propionique.....	20		1,3887	95,5		
18.	Alcool éthylique.......	16	22	1,3625	92	+208	
19.	» (non nettoyé)...	»	»	»	90,5		
20.	Acide oléique.........	14,9		1,4653	91,5		
21.	Nitrobenzine..........	16,7	42,7	1,5614	76		+100
22.	» (non nettoyée)	»	»	»	80		
23.	Glycérine............		65	1,4733	63	0	

Il résulte du tableau précédent que les valeurs de Jamin sont toujours trop grandes tout en étant positives.

Aucun lien n'est apparent entre les valeurs de l'ellipticité d'une part et la tension superficielle, l'indice, l'anisotropie moléculaire déduite de la biréfringence magnétique d'autre part.

(1) La tension superficielle variant rapidement avec la température, ces valeurs ne sont données qu'à titre d'indication.

PHOTOCHIMIE. — *Pouvoir de résonance de quelques sels métalliques en solutions irradiées par la lumière filtrée de l'arc au mercure.* Note de MM. **A. Andant** et **E. Rousseau**, présentée par M. Guignard.

Nous avons établi [1] la part de résonance photolytique qui revient au $MnCl^2$, pur et sec, quand, en lumière filtrée au travers d'un écran de verre à l'oxyde de nickel, on irradie sa solution dans de l'eau de laurier-cerise recouverte d'huile d'olives pure. Comme ce fait expérimental pouvait être propre au sel de manganèse, nous avons recherché si le même phénomène se reproduirait avec d'autres métaux salins, de plus combinés à des radicaux acides différents. Pour cette nouvelle recherche, nous avons eu recours au même procédé en irradiant des solutions salines, mais dont la proportion de métal a été sensiblement égale à celle du Mn (55) que renferme son chlorure pur et sec (poids mol. 126). Or une solution $\frac{N}{100}$ de ce sel contient 0,55 pour 1000 de métal.

En conséquence, nous avons préparé les liqueurs salines avec de l'eau de laurier-cerise (titre 100) et les doses de produits chimiquement purs que voici :

$(NO^3)^2UO^2 + 6\,H^2O$ (poids mol. 500 dont 236 Ur); 1g,17 pour 1000 = 0,551 Ur;
PO^4K^2H déshydr. (poids mol. 174 dont 78 K); 1,23 pour 1000 = 0,550 K;
NaCl fondu (poids mol. 58,5 dont 23 Na); 1,40 pour 1000 = 0,550 Na;
$So^4Mg + 7\,H^2O$ (poids mol. 246 dont 24,36 Mg); 5,50 pour 1000 = 0,552 Mg;
$MnCl^2$ déshydr. (poids mol. 126 dont 55 Mn); 1,26 pour 1000 = 0,550 Mn.

Voici les résultats de nos dosages obtenus avec la méthode de Denigès :

	A. — Eau de Laurier-Cerise irradiée Sous huile + Écran.		B. — Eau de Laurier-Cerise + Mg irradiée Sous huile + Écran.		C. — Eau de Laurier-Cerise + Mn irradiée Sous huile + Écran.	
Temps (heures).	HCN restant.	Pertes p. 100.	HCN restant.	Pertes p. 100.	HCN restant.	Pertes p. 100.
Témoin	97,20		90,72		92,28	
1	92,88	4,4	82,08	15,5	86,40	11,1
2	88,56	8,8	79,92	17,7	82,08	15,5
4	86,40	11,1	75,60	22,2	77,76	20,0
6	77,76	20,0	80,08	17,6	79,92	17,7

(1) A. Andant et E. Rousseau, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1153.

Temps (heures).	D. — Eau de Laurier-Cerise + Na irradiée Sous huile + Écran. HCN restant.	Pertes p. 100.	E. — Eau de Laurier-Cerise + Ur irradiée Sous huile + Écran. HCN restant.	Pertes p. 100.	F. — Eau de Laurier-Cerise + K irradiée Sous huile + Écran. HCN restant.	Pertes p. 100.
Témoin	97,20		97,20		97,20	
1	90,72	6,6	90,72	6,6	92,88	4,4
2	84,24	13,3	86,40	11,1	84,24	13,3
4	77,76	20,0	79,92	17,7	82,08	15,4
6	77,76	20,0	82,08	15,5	82,08	15,4

Le titre 100 de l'eau de laurier-cerise a été abaissé, avant son irradiation, au chiffre 97,20. Celui-ci traduit, pour les trois métaux salins (Na, Ur, K), la part d'effet catalytique qui leur revient respectivement dès qu'ils sont au contact de HCN; avec les autres métaux (Mg, Mn) cet effet est plus intense (90,72; 92,88). Afin d'établir sur une même base de comparaison la part de résonance qui revient à chaque sel, nous avons calculé les pourcentages de pertes en HCN par rapport au témoin 97,20. En comparant les effets photolytiques qui sont apparus à la quatrième heure (Tableaux A et B, C, D, E, F) on peut établir, de la façon suivante, la part de photolyse qui revient soit à chaque résonateur, soit à la lumière filtrée. (Radiation 3650, infrarouges, etc.) :

Mg :	22,2 — 11,1 = 11,1	résonateur	et 11,1	radiations
Mn :	20 — 11,1 = 8,9	»	et 11,1	»
Na :	20 — 11,1 = 8,9	»	et 11,1	»
Ur :	17,7 — 11,1 = 6,6	»	et 11,1	»
K :	15,4 — 11,1 = 4,3	»	et 11,1	»

On remarque, après la quatrième heure, pour les métaux suivants : Mg, Mn, Ur, qu'un phénomène de réversibilité est apparu, alors que l'effet photolytique, entre 4 heures et 6 heures, s'est arrêté à un seuil, sans le franchir (20 pour 100 Na et 15,4 pour 100 K), quand on emploie comme résonateur, à métal monovalent, soit le chlorure de sodium, soit le phosphate de potassium. En résumé, le phénomène de résonance que nous avons déjà obtenu avec le sel de manganèse, irradié par la lumière filtrée de l'arc au mercure, n'est pas un fait expérimental isolé puisque nous retrouvons ce phénomène avec les sels de magnésium, de sodium, de potassium et d'uranium.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la vaporisation du polonium.* Note de M. **P. Bonèt-Maury**, présentée par M. Jean Perrin.

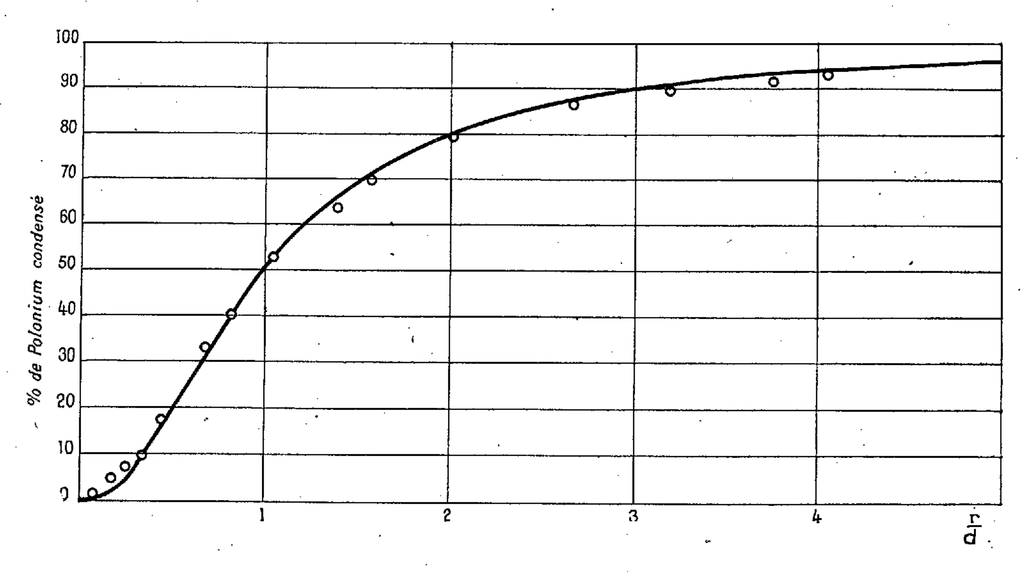
Nous avons décrit, dans une précédente Note, l'appareil utilisé au cours de notre travail; nous nous proposons, dans la présente Communication, d'exposer les résultats obtenus.

Répartition théorique du Po *condensé.* — Les causes étant symétriques, les effets doivent l'être et le dépôt de Po, sur le disque de Cu mince D, présentera un centre de symétrie situé sur la normale en O′ à la surface émettrice AB, c'est-à-dire par suite du réglage de l'appareil au centre O du disque. Appelons d la distance OO′, le calcul montre que le nombre n_r d'atomes condensés sur la surface d'un cercle de rayon r est donné par la formule $n_r = n_0 \dfrac{\frac{r^2}{d^2}}{1+\frac{r^2}{d^2}}$, où n_0 représente le nombre d'atomes vaporisés, et où l'on a mis en évidence $\frac{r}{d}$ que nous appellerons le rayon réduit. Connaissant d et n_0, on construira la courbe théorique de répartition représentant l'activité d'un cercle en fonction de son rayon réduit.

Détermination expérimentale de la répartition. — Il était tout d'abord nécessaire de situer avec précision la position du centre de symétrie du dépôt. Ce centre, en effet, peut ne pas coïncider avec le centre du disque, bien que l'écart possible, dû à un défaut de réglage, ne dépasse pas 1^{mm}. Nous y sommes parvenus en utilisant le dispositif suivant :

Le disque actif est immobilisé sur une planchette rectangulaire de cuivre, bordée par deux réglettes bien dressées. On peut déplacer à $0^{mm},5$ au-dessus du disque un écran de cuivre portant une fente de 1^{mm} de largeur à bords parallèles taillés en biseau. L'écran étant guidé par les bords de la planchette, la fente glisse toujours parallèlement à elle-même et ses déplacements sont repérés au moyen d'une règle graduée que parcourt un index fin, solidaire de l'écran. La mesure de l'activité que laisse filtrer la fente, pour chaque position de l'écran, permet de construire une courbe liant à sa position l'activité d'une bande de largeur constante découpée sur le disque. L'expérience, d'accord avec la théorie, montre que cette courbe présente un maximum lorsque le milieu de la fente est situé au-dessus du centre cherché. Le maximum observé se trouve être dans les conditions de l'expé-

rience, très net et sa position peut être facilement déterminée sur la courbe obtenue à moins de $0^{mm},1$ près. En amenant la fente sur cette position, on trace sur le disque une première droite contenant le centre. On en obtient une deuxième, en répétant les mêmes opérations, après avoir fait tourner de 90° dans son plan le disque actif : l'intersection de ces deux droites fournit le point cherché. En cet endroit, on traverse alors le disque avec une aiguille fine et l'on mesure l'activité présentée par des zones annulaires décroissantes obtenues en masquant peu à peu la surface active à l'aide d'écrans minces (épaisseur $\frac{3}{100}$ de millimètre) circulaires de rayon connu, centrés sur l'aiguille. On peut alors calculer et construire la courbe expérimentale liant l'activité d'un cercle à son rayon réduit.



Résultat. — Nous donnons ci-dessus les résultats obtenus. En abscisses, on a porté les rayons réduits et en ordonnées proportion pour 100 de Po condensé (c'est-à-dire qu'on fait $n_0 = 100$) sur les cercles correspondants. Nous avons tracé la courbe théorique en trait plein et mis en place les points expérimentaux sans les relier entre eux. On voit qu'ils viennent se placer sur la courbe théorique à moins de 2 pour 100 près, l'écart le plus sensible se manifestant pour les régions voisines du centre où de légères erreurs sur la position de ce centre entraînent de gros écarts dans la mesure de l'activité.

Conclusion. — Les commodités que présentent les atomes radioactifs au point de vue de leur localisation et de leur numération nous ont permis d'obtenir une vérification très simple et relativement précise de la loi du

cosinus, loi suivant laquelle s'effectue la vaporisation du Po déposé sur nickel. Nous pensons donc que l'utilisation de ces atomes faciliterait beaucoup la solution de certains problèmes délicats de la théorie cinétique, notamment ceux qui concernent la réflexion, la condensation et l'adsorption des molécules gazeuses et nous nous proposons de poursuivre nos recherches dans ce sens.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode de dosage rapide du phosphure d'hydrogène gazeux dans un mélange*. Note de M. **M. Wilmet**, présentée par M. Georges Urbain.

La recherche d'un procédé simple de dosage du phosphure d'hydrogène gazeux dans un mélange nous a conduit à reprendre l'action de ce gaz sur le chlorure mercurique en solution aqueuse.

Parmi les auteurs qui se sont occupés de cette question, l'un des derniers, Lemoult [1], obtient un précipité jaune pâle, obtenu suivant l'équation

$$PH^3 + 3\,HgCl^2 = P(HgCl)^3 + 3\,ClH.$$

D'après nos essais, la couleur du précipité obtenu étant variable, nous avons étudié cette réaction de la façon suivante :

Un poids connu de sublimé, dissous dans 50 à 100^{cm^3} d'eau, est mis dans un flacon de 300^{cm^3} environ, dont le bouchon est traversé par un tube portant un robinet. Un vide partiel étant fait dans le flacon, on le relie avec le tube de dégagement d'une cloche à gaz placée sur une cuve à mercure et contenant un volume déterminé d'hydrogène phosphoré. Par le jeu des robinets, on réalise, de la cloche au flacon, un courant gazeux extrêmement lent, pour éviter l'inflammation du phosphure dans l'air par détente trop brutale. Le flacon est agité, pour éviter les excès locaux du gaz par rapport au sublimé, jusqu'à la fin de la réaction qui se reconnaît à ce que le liquide sur les parois du flacon immobile ne change plus de teinte. On rétablit la pression atmosphérique à l'intérieur du flacon, en faisant arriver de l'air par la cloche, ce qui entraîne le gaz qui restait dans le tube de communication. Pour des quantités croissantes de gaz réagissant sur une solution de sublimé, il se forme un précipité blanc, devenant jaune, puis orangé, lorsque la solution ne contient plus de sublimé. L'action du gaz se poursuit, mais beaucoup plus lente, sur le précipité formé; sa couleur devient brun jaune, puis noire, avec production finale de mercure métallique.

Cette étude est limitée à la première phase de l'action du gaz. Le précipité, recueilli sur filtre taré, est séché à poids constant sur l'anhydride phosphorique. La liqueur

(1) Lemoult, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 1175.

filtrée ne contient pas de phosphore, mais seulement du sublimé et de l'acide chlorhydrique libre qui peut être dosé volumétriquement.

Dans le tableau suivant, sont résumées quelques expériences, avec les indications des quantités théoriques correspondant à l'équation écrite par Lemoult :

[illegible]ublimé [illegible]tilisé.	Volume du PH^3 en cm^3.	ClH libre dosé en cm^3.	Rapport $\frac{ClH}{PH^3}$.	Sublimé restant en solution.	Poids du précipité théorique $P(HgCl)^3$.	Poids du précipité.	Sa teneur (p. 100) en Cl.	Sa teneur (p. 100) en Hg.	Teneur (p. 100) du précipité théorique en Cl.	Teneur (p. 100) du précipité théorique en Hg.	Couleur des précipités.
0^g,837	22,1	64	2,91	trace	0^g,728	0^g,736	13,9	81,2	14,4	81,4	orangé
[illegible],224	18,3	53,8	2,94	0^g,428	0,602	0,716	16,1	79,8			jaune
4,067	18,6	54	2,90	3,2095	0,612	0,734	16	79,6			jaune très pâle
3,116	21,4	64,1	3	2,058	0,775	0,946	17	80			jaune très pâle
[illegible],817	17,6	53	3	1,027	0,579	0,678					jaune (¹)

L'examen du tableau montre que la couleur, le poids et la composition du précipité obtenu suivant les quantités relatives en présence sont variables, et que l'obtention du précipité de formule $P(HgCl)^3$ nécessite la mise en présence avec précaution des quantités théoriques du gaz et du sublimé. En opérant sur des solutions de chloromercurate de potassium les résultats obtenus sont identiques et diffèrent nettement de ceux indiqués par Lemoult (²). Il est tout à fait remarquable que le rapport du volume d'acide chlorhydrique gazeux, calculé d'après le dosage à la soude, au volume du phosphure d'hydrogène mis en jeu, soit constant et voisin de 3, quel que soit le précipité obtenu. Le dosage du phosphure d'hydrogène dans un mélange gazeux pourra être fait ainsi :

Sur la cuve à eau, prélever, dans un flacon de 125^{cm^3} plein d'eau distillée, 100^{cm^3} du mélange gazeux; y introduire du sublimé solide contenu dans un petit tube de 25^{mm} de long, de 5 à 7^{mm} de diamètre et fermé à une extrémité. La quantité de sublimé utilisée doit être en excès par rapport à la quantité supposée de phosphure d'hydrogène dans le mélange. Le flacon est bouché, puis agité. Le sublimé se dissout. Il se forme un précipité, qu'on filtre et lave. Dans le liquide, on dose volumétriquement l'acide libéré en présence d'hélianthine. Si n est le nombre de centimètres cubes de soude $\frac{N}{10}$ employés,

---

(¹) Cette expérience a été faite avec un mélange contenant $16^{cm^3},8$ d'acétylène.

(²) LEMOULT, *loc. cit.*

le volume correspondant de phosphure d'hydrogène à 15° sous 760mm sera

$$n.\frac{22400^{cm^3}}{10000}.\frac{288}{273}.\frac{1}{3}=n^{cm^3}.0,784.$$

Avec une solution titrée $\frac{N}{100}$ de soude, les dosages peuvent être poussés jusqu'aux teneurs de l'ordre de 0,5 pour 100 en volume. L'erreur à ces faibles concentrations peut atteindre 5 pour 100 du volume réel du phosphure d'hydrogène, comme nous l'avons constaté en comparant les résultats obtenus pour un même mélange avec ceux que donnent les méthodes de séparation par l'air liquide.

Pour des teneurs plus faibles, les dosages se font par comparaison avec des flacons témoins, préparés avec des mélanges de concentration connue en hydrogène phosphoré. Cette échelle de comparaison s'étendra du $\frac{1}{10000}$ au $\frac{1}{70000}$, concentration pour laquelle le louche obtenu devient imperceptible. Les témoins se conservent très mal au jour; à l'abri de la lumière, ils restent comparables à eux-mêmes pendant 2 ou 3 jours.

Cette méthode est valable en présence de tous les gaz qui ne modifient pas par eux-mêmes ou par leur action sur le sublimé l'acidité du milieu; elle est simple et rapide et répond aux nécessités que comporte un contrôle industriel.

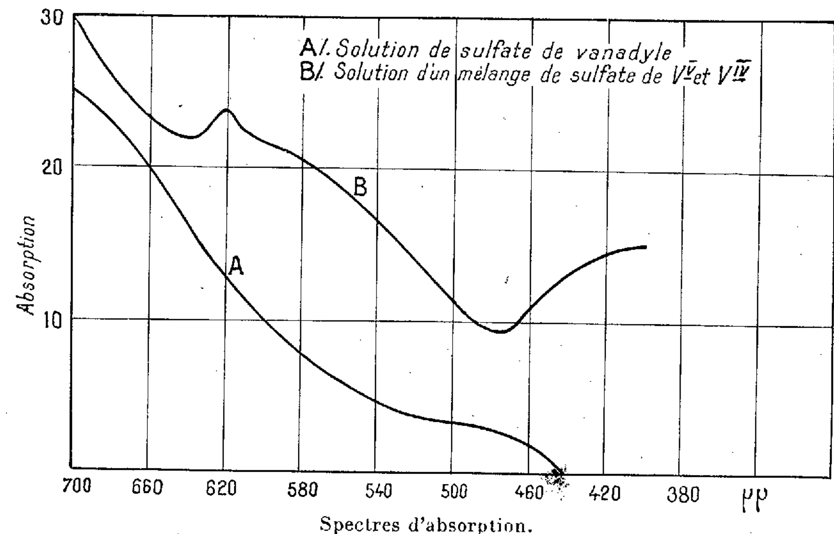
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un composé intermédiaire entre le sulfate de vanadium* $V^2O^5nSO^3$ *et le sulfate de vanadyle* $VOSO^4$. Note de MM. **V. Auger** et **C. Eichner**, présentée par M. G. Urbain.

Au cours de la réduction lente d'une solution de V^2O^5 en SO^4H^2, nous avons observé qu'il arrive un moment où la solution orangée primitive devient bleu foncé, presque opaque, pour passer au bleu clair lorsque le sulfate acide de vanadyle est formé.

On observe bien ces changements de couleur en prenant une solution vanadique dans SO^4H^2 à 30 pour 100 environ et en y faisant passer lentement un courant de SO^2.

Le même phénomène se produit lorsqu'on mélange à proportions égales une solution orangée de sulfate de V^2O^5 et une solution bleue de sulfate de V^2O^4 : au lieu d'obtenir la coloration verte que devrait fournir ce mélange, on observe un virage vers le bleu indigo, comme on l'avait constaté dans la réduction décrite plus haut.

Outre la différence de nuance, la coloration observée est beaucoup plus intense que celle d'une solution de sulfate de vanadyle de même teneur en vanadium. Nous admettons qu'il se forme un sulfate mixte vanadico-vanadeux dont la solution acide possède une coloration bleu indigo. Nous avons en vain essayé d'obtenir ce produit sous la forme cristallisée, et nous avons dû nous contenter de démontrer son existence et de déterminer les conditions dans lesquelles la solution est stable.



Spectres d'absorption.
A, solution d'un sulfate de vanadyle; B, mélange de sulfates de V^{V} et de V^{IV}.

Si l'on ajoute goutte à goutte une solution sulfurique orangée de V^2O^5 à une solution de sulfate de vanadyle, la coloration indigo apparaît aussitôt, mais elle passe rapidement au vert si l'acide est concentré; l'addition d'un peu d'eau, provoquant l'hydrolyse du complexe $V^2O^5nSO^3$, rétablit la coloration bleue, et l'on constate qu'elle atteint son maximum d'intensité lorsqu'on a formé un mélange à parties égales de V^{V+} et de V^{IV+}.

Le composé formé n'est pas sensible à une élévation de température, mais il est fort peu stable si l'on change les concentrations de l'acide car, par addition de SO^4H^2 concentré, le sulfate vanadique se reforme en faisant passer la couleur au vert, tandis qu'inversement l'addition d'eau provoque au bout de quelque temps une séparation de V^2O^5 peu soluble dans SO^4H^2 dilué.

Nous avons pensé que l'étude des spectres d'absorption des solutions serait un des meilleurs procédés pour démontrer l'existence du nouveau

composé, et nous avons comparé les spectres d'absorption de solutions ayant le même titre en vanadium : 5 pour 100 environ, dont l'une était formée de sulfate acide de vanadyle, et l'autre de mélanges variables de solutions sulfuriques de V^{V+} et V^{IV+} contenant plus ou moins d'eau.

Nous avons opéré avec un spectrophotomètre de Féry et noté l'absorption depuis $700^{\mu\mu}$ jusqu'à $400^{\mu\mu}$.

La solution de sulfate de vanadyle fournit un spectre dans lequel l'absorption diminue rapidement depuis le rouge jusqu'à $520^{\mu\mu}$; elle reste ensuite presque constante jusqu'à 495 pour s'affaiblir et cesser à 440 (courbe A).

La courbe B, obtenue avec une solution formée de molécules égales V^{V+} et V^{IV+} diffère de la première non seulement par une absorption beaucoup plus forte, mais aussi par sa forme : elle possède en effet un maximum très net à 620, puis s'affaiblit jusqu'à 480 pour remonter aussitôt. Il s'agit donc évidemment de deux sels différents en solution et non d'un mélange, qui d'ailleurs posséderait une coloration verte. En étudiant la courbe d'absorption de la lumière avec des solutions contenant des quantités variables de V^{IV+} et de V^{V+}, nous avons constaté que celle-ci apparaissait avec la plus grande netteté avec les proportions équimoléculaires des composants; la recherche relative à la concentration en acide du solvant a confirmé les premiers essais en montrant que le phénomène était plus net avec SO^4H^2 à 25 pour 100 environ.

Quant à la formule du sulfate de vanadico-vanadyle dissous, nous ne pouvons que proposer des formules basées sur celles des sulfates de vanadium pentavalent et de vanadyle. Étant donné que la réaction se produit en solution très acide, dans laquelle les sels $V^2O^5, 3SO^4H^2$ et $2VOSO^4, SO^4H^2, H^2O$ sont stables, il nous semble que la formule la plus vraisemblable du nouveau sel serait $HSO^4-VO(OH)-SO^4-V(OH)^2-SO^4H$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation sous pression du tétraphénylméthane et du paraoxytétraphénylméthane.* Note (¹) de MM. **W.-N. Ipatieff** et **B.-N. Dolgof**, présentée par M. C. Matignon.

Le tétraphénylméthane hydrogéné sous pression à la température de 275-285° ne se transforme pas en tétracyclohexylméthane car ce dernier se

(¹) Séance du 11 juillet 1927.

décompose en cyclohexane et tricyclohexylméthane

$$C(C^6H^5)^4 + 13H^2 = C^6H^{12} + (C^6H^{11})^3CH.$$

Ce dernier corps se décompose lui-même de semblable façon en formant du dicyclohexylméthane

$$(C^6H^{11})^3CH = C^6H^{12} + (C^6H^{11})^2CH^2.$$

Le paraoxytétraphénylméthane s'est comporté de même :

$$C^6H^{11}(OH)C(C^6H^5)^3 + 13H^2 = C^6H^{11}(OH) + (C^6H^{11})^3CH,$$
$$(C^6H^{11})^3CH = C^6H^{12} + (C^6H^{11})^2CH^2.$$

Tétraphénylméthane. — On en a réalisé l'hydrogénation en opérant sur 25^g de carbure mêlé avec 100 à 150^{cm^3} de benzine jouant le rôle de dissolvant. Le catalyseur est l'oxyde de nickel ajouté dans la proportion de 10 pour 100. La pression de l'hydrogène était de 80 à 100^{atm} et la température 275-285°.

La vitesse de réaction, grande au début, diminue avec le temps.

Le produit obtenu, après élimination du dissolvant, était séparé en deux fractions :

	20^{mm}.	760^{mm}.
I............................	130-150°	250-260°
II...........................	205-206°	330-333°

De la première fraction on retire par une nouvelle distillation le dicyclohexylméthane passant entre 251-253° ;

$$d_0^{20} = 0,8743, \qquad n_D^{21} = 1,4755;$$
$$M_D = 58,05, \qquad M_D \text{ (calculé)} = 57,73.$$

L'analyse a donné :

	Trouvé. I.	Trouvé. II.	Calculé.
C pour 100..........	86,21	86,39	86,56
H »	13,67	13,59	13,44

La deuxième fraction, soumise à une seconde hydrogénation, abandonne dans le vide un produit cristallisé que l'on purifie par dissolution et cristallisation dans l'alcool méthylique; ce corps est le tricyclohexylméthane,

$$d_0^{50} = 0,9274, \qquad \text{point de fusion} = 48°;$$
$$n_D^{50} = 1,4967, \qquad n_D^{40} = 1,4986;$$
$$M_D = 82,49, \qquad M_D \text{ (calculé)} = 83,25.$$

On a obtenu pour l'analyse :

	Trouvé.	Calculé.
C pour 100	87,07	87,02
H »	12,70	12,98

P. M. (dans C^6H^6) = 258,9, P. M. (calculé) = 262,27.

Ce carbure n'est attaquable par aucun réactif, il est insoluble dans l'eau, un peu soluble dans les alcools méthylique et éthylique, l'acide acétique, davantage dans le cyclohexane :

Paraoxytétraphénylméthane. — L'hydrogénation était réalisée dans les mêmes conditions que précédemment. Le produit de la réaction a été fractionné en trois parties :

I	146°-149°	760mm
II	122°-125°	17mm
III	196°-197°	»

De la première fraction on a séparé entre 154°-162° le cyclohexanol.

La deuxième fraction contient le dicyclohexylméthane :

$$d_{20}^{20} = 0,8851, \quad d_0^{20} = 0,8829,$$
$$n_D^{20} = 1,4786,$$
$$M_D = 57,83, \quad M_D \text{ (calculé)} = 57,73.$$

	I.	II.	Calculé.
C pour 100	86,62	86,74	86,56
H »	13,14	12,94	13,44

L'huile visqueuse à odeur agréable qui constitue la troisième fraction contient sans doute le dicyclophénylméthane (1) :

$$d_0^{20} = 0,9737, \quad d_{20}^{20} = 0,9670, \quad d_{20}^{50} = 0,9550,$$
$$n_D^{20} = 1,5258, \quad n_D^{21,5} = 1,5253;$$
$$M_D = 80,74, \quad M_D \text{ (calculé)} = 80,74.$$

	I.	II.	Calculé.
C pour 100	88,27	88,62	88,84
H »	11,35	11,35	11,16

P. M. (dans C^6H^6) = 251; P. M. calculé = 256,2.

Cette même fraction, soumise de nouveau à l'hydrogénation, a fourni un produit cristallin qu'on a purifié dans l'alcool méthylique, et qui présente

(1) GODCHOT, *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 1057.

tous les caractères du tricyclohexylméthane :

Temp. fusion = 48°-48°,5; Temp. éb. = 322°-329°.

$n_D^{50} = 1,4865$; $d_0^{50} = 0,9263$;

$M_D = 81,39$; M_D(calculé) = 83,25.

	I.	II.	III.	Calculé.
C pour 100	86,87	86,75	87,18	87,02
H »	12,87	12,73	12,98	12,98

P. M. (dans C^6H^6) = 256,9, 261,9; P. M. (calculé) = 262,27.

MINÉRALOGIE. — *La texture des bauxites et leur origine.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Pierre Termier.

La manière d'être des bauxites ne peut être bien comprise que si l'on se figure tout d'abord une abondante poussière de minéraux très réfringents, principalement rutile et anatase, en très petits cristaux, constituant un amas dense « saisi » dans le complexe alumineux, alumino-siliceux, ferrique, qui forme le corps de la roche.

Dans ce corps de la bauxite, des points particuliers témoignent soit de concentrations, soit d'éliminations du fer, et des pisolites sont ainsi faits que les uns sont plus ferriques que la pâte de la roche et les autres moins.

Cet état *élémentaire* de la bauxite ne laisse reconnaître au microscope aucun élément alumineux cristallisé, mais un tel état n'est pas particulièrement fréquent, et paraissent en dériver immédiatement des types de bauxites dont la pâte et les pisolites sont craquelés et dont les craquelures sont remplies d'hydrargillite ($Al^2O^3.3H^2O$) en cristaux nets.

En l'espèce, il s'agit de bauxites riches en alumine et fort pauvres en silice. Si la teneur en ce dernier corps vient à prendre quelque importance, on voit que du kaolin s'est formé, et de telle manière que des pisolites, primitivement peu ferriques, sont devenus kaoliniques, la kaolinite ayant, en cristallisant, balayé la poussière qui les chargeait, la concentrant en des traînées sur lesquelles le fer est venu s'appliquer.

D'autres pisolites, plus ferriques, ont été, dans leur masse, partiellement disloqués, et leurs écailles baignent dans un complexe où des cristaux d'hydrargillite sont moulés par la kaolinite. D'ailleurs, dans des cas de cette sorte, la pâte elle-même se comporte comme les pisolites, et l'on voit en certaines bauxites que le fer lui-même, à l'état d'oxyde, a largement cristallisé en oligiste et en gœthite.

La kaolinite est parfois remplacée par l'halloysite, mais alors celle-ci reste chargée des éléments de la poussière réfringente; et l'on voit cette halloysite soit dans la pâte de la bauxite comme de grandes membranes, soit comme matière des pisolites, épousant la courbure de ceux-ci.

La boehmite ($Al^2O^3H^2O$) joue dans certaines bauxites un rôle analogue à celui de l'hydrargillite, mais on la trouve également avec cette dernière et de la kaolinite, l'ordre de cristallisation des éléments étant boehmite, hydrargillite, kaolinite. En certains cas cependant l'hydrargillite à macles typiques est remplacée par un autre hydrate formé de simples cristaux aciculaires de symétrie monoclinique, plus réfringents que l'hydrargillite, mais dont nous ne connaissons pas le degré d'hydratation.

Les bauxites sont rouges, roses ou blanches. Ces dernières ont été rouges et l'on voit que leur couleur blanche résulte de l'élimination d'un fer qui primitivement les chargeait. Ce fer a parfois disparu de la bauxite sans que rien dans la manière d'être de sa texture et dans son état de cristallinité fût changé; mais généralement l'élimination du fer s'est faite conjointement à la production d'un large état de cristallinité. D'ailleurs on se rend parfaitement compte que le fer commençant d'être éliminé, tandis que la bauxite prenait l'état cristallin que nous savons reconnaître en elle au microscope, continuait à disparaître, cet état atteint et ne variant pas.

Il est bien remarquable que dans les divers gisements de bauxite, les parties les plus blanches, celles qui témoignent des plus forts remaniements du fer, sont à la partie supérieure des couches; et il est intéressant de constater que le toit de la bauxite est, d'une manière ou d'une autre, en relation avec des dépôts qui furent intensément chargés de matériaux végétaux. Les substances dites humiques qui émanaient de ces derniers ont été des agents à la fois de déferrification et d'intensification de l'état cristallin de la bauxite.

D'autre part le mur des bauxites, très irrégulier, ne laisse pas de doute sur l'origine de la matière qui donna naissance à ces roches et qui correspond aux argiles de décalcification qui sont susceptibles de se produire à partir des calcaires dans les climats tempérés.

La zone inférieure d'une couche de bauxite est donc plus jeune que la partie de la même couche située vers le toit, la bauxite ayant nécessairement progressé dans les calcaires sur lesquels on la trouve par en dessous. La réduction du volume de la matière issue du calcaire dont témoigne la grande densité de l'amas de minéraux réfringents dans les bauxites, triple ou quadruple de celle qui caractérise l'amas des mêmes minéraux des argiles banales, explique les tassements dont on voit les vestiges en de nombreux types de bauxites qui prirent une structure bréchique.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains métamorphiques de Betchat (Ariège).* Note [1] de M. G. **Dubar**, présentée par M. Ch. Barrois.

Dans la région de Salies-du-Salat, il existe entre les terrains primaires ou le Cénomanien au Sud, et le Crétacé supérieur et le Tertiaire au Nord, des gisements de gypse, de sel, d'ophite, s'étendant vers l'Est au delà de Betchat. Ces roches ont été généralement rapportées au Trias, qui renferme souvent des ophites et du gypse.

Cependant Leymerie et M. Roussel ont admis que le gypse était, à Salies et à Betchat, le produit du métamorphisme des terrains crétacés par l'ophite. A Salies, M. Lacroix [2] a signalé la présence d'anhydrite, de phlogopite et de cristaux microscopiques de tourmaline et de rutile. Or, à Betchat également, on peut s'assurer que les terrains réputés triasiques sont tous plus ou moins atteints par le métamorphisme. Voici les principaux types de roches que j'ai rencontrés de Betchat à Ussau :

Anhydrite violacée largement cristallisée, en blocs isolés au milieu du gypse : elle est semblable à celle d'Arnave, près de Tarascon-sur-Ariège.

Gypse souvent rempli de lamelles hexagonales de chlorite (leuchtenbergite)(sud de Latour). La plupart des affleurements de gypse sont recouverts, à la surface du sol, d'une roche friable presque uniquement formée de ces lamelles, résidu de dissolution du gypse; la pyrite [3] est assez fréquente dans ce gypse.

Calcaire dolomitique à dipyre et albite : la dolomie s'isole fréquemment en grands cristaux; le dipyre se présente avec le même aspect que dans les calcaires marmoréens de la région montagneuse; ses cristaux, criblés de mica blanc, atteignent parfois plus de 2^{cm} de longueur (vallée du Lens au nord de Latour). Au sud de Latour, quand le calcaire est mêlé de gypse, on peut détacher des cristaux de dolomie maclée suivant a^1, et des macles d'albite blanche atteignant 1^{cm} de longueur. L'albite existe aussi au nord de Ponsolé.

D'autres calcaires cristallins blancs renferment du dipyre et des lames de clinochlore vert foncé (bois au sud-est d'Ussau). Au sud d'Ussau et au nord-est de Marsoulas, des calcaires bruns sont traversés en tous sens par de longs cristaux d'amphibole altérée, sur lesquels sont implantées des lamelles de clinochlore. On observe aussi, au sud d'Ussau, des calcaires cristallins blancs à petits cristaux de clinochlore et d'actinote.

Au sud de Fatet, il y a des marnes gypseuses à leuchtenbergite et pyrite, et des cal-

(1) Séance du 11 juillet 1927.

(2) A. Lacroix, *Sur le sel gemme métamorphique de Salies-du-Salat* (*Bull. Soc. fr. de Minér.*, 21, 1898, p. 29-30).

(3) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, 2, 1897, p. 623-625.

caires dolomitiques bruns, qui se chargent localement de magnétite, d'oligiste et de pyrite avec des masses radiées d'amphibole. On trouve, au sud de Latour, des grès et poudingues bruns décalcifiés à lames de chlorite.

Il est intéressant de souligner la ressemblance de ces roches de Betchat avec celles d'Arnave (Ariège) (¹) : calcaires à dipyre, à actinote, gypse à leuchtenbergite et pyrite, anhydrite violacée, et aussi leur situation commune très au nord de la masse des terrains métamorphiques, comme le sont les gisements de Pouzac, d'Ossun et de l'ouest des Pyrénées.

Ces faits montrent combien le métamorphisme est développé dans cette partie des collines sous-pyrénéennes de l'Ariège. Ce métamorphisme affecte probablement, comme on l'a pensé, des terrains qui sont d'âge varié, et non pas seulement triasiques.

HYDROLOGIE. — *Influence du sol sur le refroidissement des eaux.* Note de M. **F. Dienert**, présentée par M. Pierre Termier.

Le problème du refroidissement des eaux par le sol est d'une grande importance pratique. L'eau chaude, c'est-à-dire celle dont la température dépasse de 4 à 5° la température moyenne du lieu, est peu appréciée par les consommateurs. Pour refroidir artificiellement une eau superficielle, il faut employer des procédés onéreux et l'on a cherché à remplacer ceux-ci par un épandage sur le sol. Un autre procédé consiste à pomper de l'eau dans les alluvions d'une rivière et à filtrer horizontalement l'eau de celle-ci pour obtenir son refroidissement.

Les captages faits le long des rivières et à une très faible distance de celles-ci donnent toujours, en été, des eaux un peu plus fraîches que les eaux de la rivière. On en a conclu que le pouvoir refroidissant du sol était très grand et qu'il suffisait de 100 à 150ᵐ d'épaisseur de sable pour refroidir complètement l'eau chaude infiltrée en été.

Cette conclusion est inexacte. Le refroidissement de l'eau des alluvions au voisinage du cours d'eau tient uniquement au mélange d'eau de la rivière avec l'eau existant dans les alluvions situées sous son lit. Ces dernières, étant un peu plus fraîches, refroidissent les eaux infiltrées du cours d'eau.

(¹) A. Lacroix, *Les phénomènes de contact de la lherzolite et de quelques ophites des Pyrénées* (*Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 6, XLII, 1894-1895, p. 90-95).

On s'en assure aisément en notant la température des eaux souterraines au voisinage immédiat de la rivière et à 40^{m} de celle-ci quand on pompe dans une galerie creusée à 50^{m} du cours d'eau. A un moment donné, la température des eaux souterraines atteint son maximum, qui dure souvent plusieurs semaines. La valeur de ce maximum est la même au voisinage du cours d'eau qu'à 40^{m} des berges, attestant ainsi un refroidissement à peu près nul du sol à ce moment. Et cependant toujours, pour les motifs invoqués plus haut, la température des eaux souterraines est inférieure à celle de la rivière.

Quand le sol est parcouru par des eaux chaudes, il s'échauffe et refroidit ces dernières. Il est utile de fixer les caractéristiques de ce refroidissement. Considérons une galerie dans laquelle, en pompant, on attire l'eau de la rivière. Entre cette galerie, située à 50^{m}, et le cours d'eau, on enfonce tous les 10^{m} et à différentes profondeurs des puits instantanés destinés à prélever des températures quotidiennes pendant tout le temps que le sol va s'échauffer. En prenant les moyennes des températures des eaux relevées de 10 en 10^{m} dans leur parcours du fleuve vers la galerie, nous avons, comme l'indiquent les résultats ci-dessous, trouvé la loi simple suivante :

Températures des eaux souterraines
dans les puits instantanés situés à différentes distances de la Loire.

Dates.	Distances des puits intantanés (en mètres). 10.	20.	30.	40.	50.	60.	Température moyenne du sol.	Moyenne des températures extrêmes.
3 août 1926...	14°,4	13°,4	12°,9	11°,8	–	–	13°,1	13°,1
4 » ...	16,2	14,9	14,1	–	–	–	15,6	15,1
5 » ...	17,2	16,4	15,3	–	–	–	16,3	16,2
6 » ...	16,4	15,7	14,2	13,4	–	–	14,9	14,9
7 » ...	16,7	16,1	14,4	13,4	–	–	15,1	15
10 » ...	17,7	17,6	16,8	16,6	–	–	17,1	17,1
11 » ...	17,3	16,9	16,4	17	–	–	16,9	17,1
17 » ...	17,4	16,2	15,8	15,4	15	–	16	16,2
24 » ...	20,4	19,4	19,1	18	17,4	–	18,9	18,9
3 septembre....	21,4	21	20,6	20,4	20	–	20,6	20,7
11 novembre....	12	12,9	12,1	13,5	14	–	12,9	13
20 janvier 1927..	9	8	10,1	11	13°,5	13,5	11	11,1

La température moyenne du sol entre la rivière et la galerie est toujours égale à la moyenne arithmétique des températures extrêmes.

Les eaux du cours d'eau, dans nos expériences, mettaient de 36 à 48 heures pour atteindre la galerie.

Pendant ce court espace de temps, la perte de température par conductibilité était faible et tout à fait négligeable. L'est-elle encore quand les eaux séjournent plusieurs semaines dans le sol ? Si l'on arrête le pompage au moment où les eaux atteignent 20°, et qu'on suive la perte de température, on constate que les eaux souterraines, à peu près stagnantes dans le sol, perdent environ 2° en 3 semaines.

Cette perte par conductibilité est donc très faible et nous estimons qu'en pratique elle est tout à fait négligeable quand on a affaire à des eaux circulant à un débit de 10 à 20^{m^3} par jour et par mètre de galerie.

Notre loi du réchauffement du sol peut donc s'appliquer très simplement au calcul du refroidissement des eaux d'un cours d'eau parcourant, à travers les alluvions, une distance l donnée.

Il suffit :

de connaître la moyenne journalière de la température des eaux du cours d'eau pendant les mois de mai, juin, juillet et août, car le refroidissement des eaux est surtout intéressant pendant ces mois chauds. Ces températures peuvent, d'après nos essais, être fixées dans nos climats à : 14° en mai, 18° en juin, 20° en juillet et août;

et d'écrire que la chaleur gagnée par le sol est égale à la chaleur perdue par les eaux infiltrées; on obtient ainsi une relation simple que nous avons pu utilement employer.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Antagonisme entre les chlorures employés à forte dose et les sulfates au cours du développement du blé et de l'avoine en grande culture.* Note de MM. **E. Blanchard** et **J. Chaussin**, présentée par M. A. Desgrez.

Le présent travail a été entrepris pour étudier l'action des engrais potassiques d'Alsace, sylvinite et KCl, à fortes doses, sur le blé et l'avoine en examinant les modifications apportées dans la composition du milieu intérieur : partie soluble de la plante obtenue suivant la technique que L. Lapicque a employée dans son étude des échanges entre la cellule et son milieu; notre recherche, qui se rattache étroitement à cette question, a été faite sous sa direction. Les résultats seront exposés dans un Mémoire d'ensemble; nous ne retiendrons ici qu'une action antagoniste constatée

entre l'anion Cl et l'anion SO^4 plastique dont la présence est nécessaire à la synthèse de la matière protéique.

Les ensemencements ont été faits dans deux grandes fermes modèles de Seine-et-Oise : à la Martinière chez M. Laureau pour le blé et à Orgelu chez M. Camille Benoît pour l'avoine.

La terre a reçu en son temps les engrais habituels et en mars, sur trois parcelles, il a été fait en surcharge : sur l'une une application de 1000^{kg} de sylvinite riche par Ha, sur l'autre de 1000^{kg} de KCl, la troisième servant de témoin.

Des échantillons ont été prélevés fin mai et le 9 juillet pour le blé et seulement fin mai pour l'avoine.

Les sulfates ont été dosés dans la partie soluble par le procédé Joulie employé par G. André, les chlorures par pesée du AgCl sur la matière sèche après calcination ménagée.

Voici les résultats de ces dosages rapportés au *kilogramme de matière sèche* de la plante totale, les sulfates et les chlorures évalués en équivalents électrolytiques, ou ce qui revient au même en grammes d'hydrogène remplaçable des acides correspondants.

Expérience sur le blé.

	Témoin.	Avec 1000^{kg} sylvinite.	Avec 1000^{kg} KCl.
Prélèvement de mai :			
Sulfates (de la partie soluble)......	0,0478	traces	traces
Chlorures......................	0,065	0,500	0,528
Prélèvement de juillet :			
Sulfates (de la partie soluble).....	0,0374	traces	traces
Chlorures......................	0,0069	0,131	0,087
Rendements.....................	1600^{kg}	2500^{kg}	2950^{kg}

Expérience sur l'avoine.

	Témoin.	Avec 1000^{kg} chaux.	900^{kg} KCl 1000^{kg} Ca.	900^{kg} KCl.
Sulfates (de la partie soluble).	0,123	0,121	traces	traces
Rendements...............	2125^{kg}	3500^{kg}	3600^{kg}	3150^{kg}

Dans ces deux expériences on voit que l'addition, au printemps, de très fortes doses d'engrais chlorurés, en faisant pénétrer dans la plante des quantités importantes de chlorures, a fait disparaître presque totalement les sulfates et éléments élaborés, contenant du soufre, solubles de la plante, sans cependant empêcher une augmentation importante du rendement. Les sul-

fates, absorbés par la plante avant l'application des doses massives de chlorures, et leur apport régulier à l'état de traces grâce à l'humidité de ces terres que l'on a été obligé de drainer, ont suffi aux besoins d'une abondante récolte, mais on pressent les dangers en cas de sécheresse.

Berthaut et Crochetelle ont constaté autrefois que dans les terrains salés d'Algérie, on peut obtenir de très beaux froments, mais que la récolte est exposée à un dépérissement rapide quand les chaleurs surprennent la plante en pleine végétation, et Pichard a signalé, dans le cas particulier du tabac, un antagonisme entre les chlorures et les nitrates.

Rappelons que l'un de nous a déjà signalé chez les animaux ([1]) un jeu compensateur entre les chlorures et les sulfates, dans l'élimination urinaire.

Conclusion. — Ces résultats nous inclinent à recommander de veiller à ne pas déséquilibrer les formules d'engrais par des quantités trop fortes de chlorures.

AGRONOMIE. — *De l'influence de la cyanamide calcique sur la réaction du sol.* Note de M. **J. Pien**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

La cyanamide calcique est à la fois un engrais azoté riche et un amendement calcaire très riche.

Son influence sur la réaction du sol pourrait donc, semble-t-il, se prévoir en tenant compte de l'action alcalinisante de la chaux qu'elle contient et de l'action acidifiante due à la nitrification de son azote.

Or il y a lieu de noter que la cyanamide industrielle contient de nombreuses impuretés, dont les unes sont acides, les autres alcalines; que l'azote de la cyanamide peut se présenter sous des formes nombreuses, ne se comportant pas de la même façon au point de vue de la nitrification.

Il n'est pas possible de prévoir exactement le résultat global de cette somme d'influences. L'expérimentation directe s'impose donc.

De plus, il sera intéressant de suivre la marche du phénomène en fonction du temps.

Voici comment nous avons opéré : Un poids connu de terre fine et sèche est mélangé à de la cyanamide granulée, de fabrication récente, pulvérisée au moment de l'emploi (azote total : 21,24 pour 100; azote de la cyana-

---

([1]) J. Chaussin, *Jeu compensateur entre les sulfates et les chlorures dans l'élimination urinaire* (*C. R. Soc. Biologie*, 82, 1919, p. 407).

mide : 18,72 pour 100, soit 88,1 pour 100 de l'azote total) à la dose de 300^{kg} à l'hectare. Le mélange est maintenu humide (18 pour 100 d'eau) pendant toute la durée des essais.

On a effectué ces essais sur huit terres d'acidité et de constitution physico-chimique différentes (surtout au point de vue teneur en colloïdes).

Le pH des mélanges fut déterminé périodiquement par la méthode électrométrique.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

N^{os} des terres	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Teneur en colloïdes	tr. riche	pauvre	riche	pauvre	pauvre	pauvre	riche	tr. riche
pH initial des terres	5,31	5,81	6,19	6,52	6,61	7,01	7,78	8,30
pH du mélange terre + cyanam. :								
après 1 jour	5,48	6,38	6,57	7,11	7,09	7,58	8,10	8,40
» 3 jours	5,71	6,55	6,90	7,29	7,24	7,88	8,36	8,62
» 5 »	5,80	6,62	7,00	7,37	7,27	8,02	8,38	8,66
» 7 »	5,85	6,65	7,05	7,41	7,24	8,10	8,35	8,63
» 11 »	5,84	6,57	7,08	7,39	7,20	8,15	8,32	8,58
» 15 »	5,83	6,47	7,04	7,33	7,09	8,08	8,28	8,55
» 19 »	5,82	6,38	7,00	7,27	7,06	8,03	8,27	8,54
» 23 »	5,82	6,31	6,96	7,23	7,03	7,97	8,26	8,53
» 27 »	5,82	6,29	6,95	7,17	7,01	2,96	8,25	8,52

Interprétation des résultats. — 1. *Pour toutes les terres :* La cyanamide, à la dose employée, a provoqué d'abord une alcalinisation pouvant aller jusqu'à l'unité de pH, suivant les terres (et même dépasser cette valeur). Ce maximum a été atteint en 5 à 10 jours.

Puis, les terres ont tendu à redevenir peu à peu acides. Cette réacidification n'a pas dépassé 0,3 pH en un mois, temps au bout duquel on semble avoir atteint un équilibre.

Ce retour progressif vers l'acidité est dû vraisemblablement à la nitrification de l'azote de la cyanamide.

2. L'examen du tableau (et surtout celui des courbes qu'il permet de tracer) montre que *les terres riches en colloïdes* (surtout en humus) (¹) ont résisté beaucoup plus aux variations de réaction que les terres pauvres en colloïdes. Cette résistance se manifeste évidemment par la valeur absolue

(¹) Dans l'appréciation de la nature physico-chimique des terres, nous avons tenu compte de ce que, au point de vue de l'action tampon, la valeur de l'indice moyen de saturation de l'humus est notablement plus élevée que celle de l'argile (voir Ch. Brioux et J. Pien, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1297).

des écarts de pH et surtout par la variation du rapport $\frac{d\mathrm{pH}}{d\mathrm{T}}$ (qui caractérise la position de la tangente à la courbe, en chaque point). En particulier, la valeur de cette dérivée à l'origine des temps fixe la pente de la courbe au départ et, du même coup, peut servir à caractériser également le pouvoir tampon des sols étudiés.

Conclusion. — La cyanamide calcique a provoqué pendant 5 à 10 jours une alcalinisation progressive des sols. Celle-ci a subi ensuite une lente et légère régression. Le résultat final a été néanmoins une variation nette du pH vers l'alcalinité.

L'amplitude et la rapidité de ces changements de réaction, ont été plus grandes pour les terres riches en colloïdes (surtout humus) que pour les terres pauvres.

AGRONOMIE. — *Châtaigniers, fougères et genêts calcicoles.* Note de M. **Th. Biéler-Chatelan**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

On imprime encore couramment que le châtaignier commun (*Castanea sativa* Mill.) et la fougère commune [*Eupteris aquilina* (L.) Newman], sont des espèces essentiellement calcifuges, voire silicicoles, caractéristiques des terrains sans calcaire; mais il n'est plus possible de soutenir une opinion aussi exclusive en présence des cas assez nombreux où ces plantes occupent des terrains plus ou moins riches en carbonate de chaux.

Châtaignier. — Dès 1901, A. Engler (Zurich) avait montré (*Berichte der schweiz. bot. Gesellschaft*, 11, 1901), que cet arbre peut prospérer sur des sols d'origine pétrographique très diverse, contenant jusqu'à 20 pour 100 et plus de $CaCO^3$. En 1911, nous avons vérifié ce fait dans quelques localités de Suisse, de France et d'Italie, constatant même qu'un apport direct de *chaux* au pied de certains châtaigniers ne nuisait pas à ces arbres (*Bull. Soc. vaudoise sciences naturelles*, 47, CLXXIV, 1911, p. 44). Dès lors on a fait plusieurs autres observations analogues : en 1924, le D[r] Fernand Chodat (Genève) a décrit une station de châtaigniers apparemment calcicoles située entre Tronc et Meillerie (Haute-Savoie). (*La concentration en ions hydrogène du sol et son importance pour la constitution des formations végétales*, Thèse de doctorat, Genève, 1924, p. 73). La même année, le professeur C. Sibilia (Rome) a signalé une station sur calcaire éocène au-dessus d'Anagni (*Nuovo Giornale bot. ital.*, 31, 1, 1924, p. 66). En 1925, le professeur Manaresi (Bologne) a décrit des châtaigniers occupant un ter-

rain miocène calcaire (25 à 50 pour 100 de $CaCO^3$) de la province de Bologne. Il les considère comme des variétés calcicoles produites par une longue sélection naturelle et aptes à vivre sur des terrains jusqu'ici réputés contraires au châtaignier (*L'Italia agricola*, 62, XII, 1925, p. 588).

Voici, d'autre part, les stations de châtaigniers nettement calcicoles que nous avons trouvées en Italie depuis une quinzaine d'années (sans parler de nombreuses stations douteuses, où le sol est décalcifié, mais où le sous-sol est vraisemblablement calcaire) : 1° Apennin de Modène : marnes et grès marneux; 2° San Polo dei Cavalieri (prov. de Rome) : calcaire liasique; 3° près Vivaro (Rome) : molasse miocène à ciment calcaire; 4° Cappadocia (Aquila) : grès marneux miocène; 5° Rendinara (Aquila) : grès et poudingues miocènes à ciment calcaire. Dans toutes ces stations, le sol est nettement calcaire à la surface, mais nous n'y avons trouvé aucune cavité ou tranchée permettant d'observer les racines et leurs rapports avec le terrain. Finalement nous avons eu cette bonne fortune récemment à : 6° Segni (Rome), où de nombreux châtaigniers croissent sur un calcaire crétacique blanc presque pur : au pied de l'un d'eux, assez bel arbre, la roche a été en partie excavée; on peut ainsi voir que quelques racines ont désagrégé ce calcaire dur et compact et l'ont transformé en une pâte crayeuse molle ressemblant à du fromage blanc. Cet arbre, ainsi que ses voisins, produit de beaux marrons.

Ces faits mettent hors de doute que le châtaignier peut *prospérer* sur des terrains calcaires à réaction nettement alcaline. Est-ce un phénomène d'adaptation au sens de M. Manaresi, avec création de variétés calcicoles? Il vaut la peine d'étudier cette question, d'intérêt autant pratique que théorique, surtout maintenant que l'on s'efforce d'acclimater en Europe le châtaignier japonais (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) comme porte-greffe résistant à la maladie de l'encre : s'il s'adapte aux terrains calcaires, on pourra peut-être étendre son aire de culture.

Fougère. — Elle est généralement considérée comme éminemment calcifuge; mais selon F. Chodat (*loc. cit.*, p. 43), elle supporte des terrains même très alcalins. Quand ce botaniste communiqua le fait à la Conférence internationale de pédologie de Rome en 1924, nous pûmes le lui confirmer de vive voix, ayant alors déjà trouvé des fougères calciales sur le mortier de vieux murs romains à la « Tenuta reale di caccia » de Castel Porziano près Rome. Dès lors nous en avons encore trouvé : 1° sur le sable calcaire jaune pliocène de Monte Mario (Rome), à réaction nettement alcaline; 2° dans un éboulis calcaire au-dessus d'Arsoli (Rome). A noter que

M. Manaresi mentionnait, à côté de ses châtaigniers calcicoles, la présence d'espèces réputées calcifuges, notamment de fougères. Cette observation vient donc confirmer les précédentes.

Genêts. — Le genêt à balais (*Sarothamnus scoparius*) est généralement considéré comme calcifuge et cette opinion n'a pas pu être contredite jusqu'ici : la plus faible acidité du sol constatée par F. Chodat (*loc. cit.*, p. 70) dans les stations de cette plante correspondait à pH = 6 — 6,2.

Par contre le genêt d'Espagne (*Spartium junceum*), que l'on considère aussi commé calcifuge, nous l'avons trouvé sur des terrains franchement calcaires : 1° Sable jaune pliocène de Monte Mario; 2° Travertin quaternaire des Parioli (Rome); 3° Éboulis et moraines calcaires de l'Apennin. M. Manaresi le mentionne aussi comme espèce réputée calcifuge accompagnant ses châtaigniers calcicoles.

Conclusion. — Malgré leur préférence pour les terrains peu ou pas calcaires, voire siliceux, le châtaignier, la fougère et le genêt d'Espagne peuvent aussi se trouver là où le carbonate de chaux confère au sol une réaction alcaline.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la saccharification des dextrines.*
Note de MM. **P. Petit** et **Richard**.

La saccharification de l'empois d'amidon par l'amylase du malt fournit, par précipitation du liquide avec l'alcool fort, une dextrine qui, après lavages à l'alcool, peut être essorée et séchée; on peut obtenir ainsi des dextrines répondant à diverses températures de formation, par exemple 50° et 70°. Ces corps retiennent toujours des corps réducteurs, même après un épuisement très prolongé à l'alcool absolu bouillant et nous avons eu des pouvoirs réducteurs de 10 pour 100 pour la dextrine de 50° et 15,4 pour 100 pour celle de 70°, exprimés en maltose.

Les proportions de sucre réducteur formées de ces dextrines par une nouvelle action de l'amylase ont conduit à des chiffres très variés, par suite de la création secondaire de glucose signalée par M. Maquenne. Nous avons opéré avec une infusion de malt n'exerçant aucune action hydrolysante sur le maltose et une solution témoin de ce sucre a toujours été étudiée en même temps que les dextrines.

En prolongeant la réaction pendant 1 heure, et corrigeant du pouvoir réducteur initial, nous avons trouvé en maltose créé pour 100 de la dextrine sèche :

Températures......	20°.	30°.	40°.	50°.	55°.	60°.	65°.	70°.
D-50°..........	4,8	6,8	9,5	11,9	13,1	13,0	11,4	8,5
D-70°..........	39,7	42,0	44,9	47,0	47,3	43,9	35,6	10,8

On peut représenter assez bien les résultats pour la dextrine à 50° par une équation de la forme $\lambda = (a - bt)c^t$, mais cela est impossible pour la dextrine formée à 70° et il faudrait, pour cette dernière, ajouter à une expression logarithmique une équation linéaire, s'annulant aux températures dépassant l'optimum, soit 52° environ.

Au contraire, on arrive à une représentation convenable des proportions pour cent de sucre-maltose créé pour les deux dextrines, à l'aide des formules suivantes :

$$\text{D-50°.....}\quad y = \quad 36,35 + 0,257\,t - \frac{4,49}{10^5}\,1,2166^t$$

$$\text{D-50°.....}\quad y = - \quad 0,87 + 0,257\,t - \frac{5,50}{10^5}\,1,1872^t$$

La deuxième action de l'amylase s'exprime alors en fonction de la température par deux termes inverses, une réaction linéaire, qui peut être regardée comme seule appréciable aux températures inférieures à l'optimum, puis une réaction logarithmique dont l'importance augmente très rapidement avec la température, au-dessus de l'optimum. Il en résulte qu'aux températures inférieures à celui-ci, la différence entre les proportions de sucre-maltose créé est constante.

D'autre part, en déterminant le glucose total et la polarisation après réaction, on constate que les dextrines restantes donnent d'une manière constante la même proportion de glucose, soit 103 pour 100 en chiffres ronds, et que le pouvoir rotatoire moléculaire de cette dextrine restante est pratiquement constant à 165° pour la dextrine formée à 50° et 150° pour celle formée à 70°.

Ce résultat répond à l'hypothèse que l'action de l'amylase sur les dextrines de saccharification est du maltose.

On voit, en tout cas, que la nouvelle action de l'amylase ne transforme en sucre réducteur, exprimé en maltose, que 47 pour 100 au plus de la dextrine formée à 70° et que la transformation maxima atteint 13 pour 100 pour la dextrine produite à 50°. La saccharification complémentaire est donc très éloignée de provoquer un changement total en maltose, comme il avait été indiqué, sans tenir compte de la transformation secondaire du maltose en glucose.

PARASITOLOGIE. — *Sur le parasitisme protélien du* Nectonema. Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. Félix Mesnil.

Verrill a le premier fait connaître, en 1879, sous le nom de *Nectonema agile*, un animal pélagique singulier, allié aux Nématodes, qui avait été pêché, dans le plancton de surface, au voisinage des côtes orientales des États-Unis. Un des traits les plus remarquables de ce long ver cylindrique est que sa surface extérieure porte, suivant deux génératrices opposées, de fines villosités capillaires, constituant comme deux brosses longitudinales, longues et étroites, de soies natatoires, qui ne sont bien entendu que des excroissances directes de la chitine cubiculaire. Depuis cette époque, le *Nectonema* a été trouvé à quelques reprises dans des mers diverses, notamment en Europe dans les parages de Naples, mais toujours sous sa forme pélagique adulte, et l'on ne sait rien encore de son cycle évolutif.

Depuis quelques années, mon attention a été attirée à Roscoff sur un petit Pagure, fréquent sur les fonds de dragage de la baie de Morlaix, l'*Anapagurus Hyndmanni* (Thompson). Assez souvent, en effet, ce Crustacé héberge dans son abdomen, au milieu de ses viscères, un ou parfois deux exemplaires d'une *Fecampia*, que rien n'autorise, semble-t-il, à considérer comme différente de la *F. erythrocephala* d'A. Giard.

En outre, par deux fois, je l'avais rencontré contenant dans son abdomen un parasite ayant l'aspect d'un Nématode ou mieux encore d'un Gordien : fil grêle d'un blanc opaque, long de 6 à 8^{cm}, transparaissant à l'extérieur à travers la cutitule de l'hôte, et mêlant dans le cœlome ses circonvolutions à celles des tubes hépatiques, qui sont aussi dans ce Pagure particulièrement longs, grêles et peu nombreux. Au cours de l'été dernier, je me suis attaché à rechercher systématiquement ce parasite, et sur 308 *Anapagurus* examinés en tout, j'ai pu en récolter une douzaine d'individus. Il s'attaque indifféremment aux deux sexes du Pagure, et l'on peut le rencontrer en particulier chez les femelles en train d'incuber des embryons en nombres normaux; mais, par comparaison avec des femelles indemnes, celles-ci ont manifestement des ovaires atrophiés, dépourvus de gros oocytes chargés de vitellus. Si donc le parasite n'a pas empêché une ponte antérieure, sa présence actuelle entrave la préparation de la ponte qui eût dû normalement succéder à celle-là.

Un de ces parasites sortit spontanément de son hôte pendant la nuit qui

suivit sa capture, et, bien qu'endommagé par le Pagure au moment où je pus l'examiner, il se présenta comme étant au début d'une mue : sous l'ancienne cutitule soulevée, je pus voir apparaître sur la cuticule nouvelle la double brosse de soies capillaires. Indépendamment d'autres caractères anatomiques, ce fait suffit à établir qu'il s'agit certainement du *Nectonema*. Celui-ci doit donc être relativement commun dans la Manche, où il sera à rechercher dans le plancton.

A une époque où l'on ne connaissait pas encore le *Nectonema*, Fritz Müller avait incidemment signalé, dans ses études sur les Épicarides [1], qu'il existe à Desterro (île de Santa Catharina, côte atlantique du Brésil), un petit Pagure très commun, dont plus de la moitié des individus hébergent un Nématoïde, reployé dans l'abdomen, et de taille énorme par rapport à celle de son hôte. Je suis persuadé qu'il doit s'agir là aussi du *Nectonema*.

Le rapprochement de ces faits permet d'inférer que le développement du *Nectonema* comporte un parasitisme protélien analogue à celui des Gordiens, et que pendant toute la croissance qui s'accomplit à l'état de parasite interne, les Pagures jouent un rôle homologue de celui que les Insectes jouent comme hôtes vis-à-vis des Gordiens. On sait toutefois que les Gordiens ne présentent pas nécessairement, au point de vue de la spécificité de leurs hôtes, des exigences rigoureuses. Il en est sans doute de même du *Nectonema*; et, si les Pagures sont vraisemblablement ses hôtes d'élection, d'autres Crustacés peuvent éventuellement les suppléer dans ce rôle. Une fois, en effet, j'ai trouvé un *Nectonema* pelotonné au milieu des viscères, dans le céphalothorax d'un *Portunus pusillus* Leach, porteur en même temps d'un *Portunion*. Cette observation confirme la vraisemblance de la supposition faite par Ward (1892), que le Nématoïde rencontré par lui comme parasite dans un *Palæmonetes* pouvait être la forme immature du *Nectonema*.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des tumeurs expérimentales*. Note de MM. **F. d'Hérelle** et **E. Peyre**, présentée par M. A. Desgrez.

L'étude que nous présentons a trait à des expériences concernant les rapports entre les parasites décrits dans les tumeurs et le bactériophage.

---

[1] *Jen. Zeitschr.*, 6, 1871, p. 57.

Tumeurs des plantes. — Erwin Smith a montré que l'on isole de ces tumeurs (Crown Gall), d'une manière constante et en culture pure, le *Bacterium tumefaciens*. Les descriptions qu'il donne des cultures d'isolement montrent qu'il s'agit là de *cultures mixtes*, c'est-à-dire symbiotiques : *B. tumefaciens*-bactériophage ([1]). Comme Erwin Smith l'a décrit, nous avons d'ailleurs vérifié expérimentalement que les ensemencements faits à partir des tumeurs donnent des colonies de morphologie diverse :

1° Des colonies hâtives, grandes, non visqueuses, qui sont *ultra-pures*, et dont les sous-cultures, inoculées (à la betterave dans tous nos essais), ne provoquent pas l'apparition de tumeurs;

2° Des colonies tardives, plus petites que les premières, visqueuses, *contaminées* par des bactériophages dont l'inoculation de sous-cultures provoque l'apparition de tumeurs.

Au fur et à mesure des passages *in vivo*, la symbiose tend à devenir de plus en plus équilibrée; le nombre de ces dernières colonies augmente, les premières *ultra-pures* finissant par disparaître.

On sait d'autre part que l'infection de bactéries par le bactériophage provoque l'apparition de formes filtrantes infravisibles de la bactérie, de *formes protobactériennes*, ce que nous avons encore vérifié dans le cas des tumeurs expérimentales de la betterave.

Une vingtaine d'expériences, réalisées au cours des années 1924 et 1925, nous ont toutes donné des résultats identiques. Un fragment de tumeur de la grosseur d'une noix est broyé au mortier avec du sable, on ajoute 20^{cm^3} de bouillon (pH = 7, 6) et l'on filtre sur terre d'infusoires, puis sur bougie Chamberland L 3, vérifiée. Vingt betteraves sont inoculées au collet avec $0^{cm^3},1$ d'un tel filtrat aussitôt après filtration; quatorze présentent une tumeur dans les 70 jours suivants. Les ensemencements effectués avec six de ces tumeurs prises au hasard, nous ont donné des cultures typiques de *B. tumefaciens*.

D'autre part, en partant des filtrats, nous avons pu, *in vitro*, obtenir le retour de la forme protobactérienne filtrante à la forme bactérienne normale.

([1]) Donnant au terme *symbiose* le sens défini par Noël Bernard : parasitisme de l'un des deux constituants, équilibré par la résistance de l'autre.

En ce qui concerne les caractères des *cultures mixtes*, des formes protobactériennes (filtrantes) des Bactéries : voir d'Hérelle, *Le Bactériophage et son comportement;* Masson et Cie, 1926.

Il semblerait donc résulter de ces expériences que, dans les tumeurs des plantes, il existe une symbiose *B. tumefaciens*-bactériophage, d'où dérivent ces formes protobactériennes, infravisibles et filtrantes, de *B. tumefaciens*.

On sait que l'examen microscopique de ces tumeurs ne révèle la présence d'aucune forme visible de *B. tumefaciens*. Nos observations suggèrent l'hypothèse que le véritable parasite ne serait pas la forme bactérienne normale du *B. tumefaciens*, mais la forme protobactérienne filtrante de cette bactérie.

Sarcome de la Poule. — Nous avons exécuté les expériences suivantes en utilisant deux sortes de virus qui nous ont obligeamment été fournis, l'un par Peyton Rous, l'autre par Pentimali. Les résultats obtenus ont été identiques dans les deux séries d'expériences.

Nous avons observé (à 13 reprises différentes sur 13 essais), que, même dans le cas où la tumeur a été provoquée par l'injection d'un filtrat (mélangé à de la terre d'infusoires stérile), les tissus néoformés ne sont pas stériles. Par ensemencement sur gélose-ascite, parfois même sur gélose ordinaire, nous avons toujours obtenu des colonies *symbiotiques* staphylocoque-bactériophage.

D'autre part, dans 4 essais sur 6, il nous a été possible d'obtenir des colonies symbiotiques en partant du filtrat.

Sans qu'il nous soit possible de nous étendre ici sur la technique de ces cultures et sur les caractères des colonies symbiotiques, nous rappellerons que la culture en est souvent difficile, que les colonies sont atypiques, macroscopiquement et microscopiquement, et qne les caractères biochimiques et biologiques des cultures sont variables.

Les expériences réalisées suggèrent l'hypothèse que le virus filtrant, agent du sarcome transmissible de la poule, pourrait être la forme protobactérienne, filtrante, d'un staphylocoque.

Tumeurs au goudron de la souris et du lapin. — Nous avons examiné une centaine de ces tumeurs au cours des six dernières années : elles ne sont jamais aseptiques, même avant tout processus ulcératif. Dans tous les cas nous avons obtenu, entre autres éléments microbiens, des colonies symbiotiques staphylocoque-bactériophage.

Seize de ces tumeurs ont été broyées avec du sable stérilisé, émulsionnées avec du bouillon (pH 7,6); le liquide obtenu a été filtré sur terre d'infusoires puis sur bougie Chamberland L3. Quatorze de ces filtrats ont donné, soit directement par cultures secondaires, soit par ensemencement, des colonies symbiotiques staphylocoque-bactériophage.

Ces constatations montrent qu'il existe, dans les tumeurs provoquées par des applications de goudron, une symbiose bactérie-bactériophage, avec présence de formes protobactériennes filtrantes de la bactérie, soit un staphylocoque dans nos expériences. Ces faits confirmeraient l'hypothèse que ce ne sont pas les applications de goudron (ou toute autre pratique appropriée, externe ou interne), qui sont la cause directe de la tumeur mais que ces procédés expérimentaux doivent favoriser la symbiose bactérie-bactériophage; *ces deux êtres étant ubiquitaires*, c'est-à-dire certainement présents chez tout être soumis à une pratique reconnue empiriquement capable de provoquer la formation de tumeurs.

HYGIÈNE. — *Stérilisation des eaux potables par électrolyse.* Note de MM. **Daniel Chevrier** et **Max Salles**, présentée par M. d'Arsonval.

Les procédés de stérilisation généralement utilisés consistent à soumettre l'eau à l'action chimique de corps oxydants tels que les permanganates, les hypochlorites, l'ozone ou à la traiter par l'action physique de la chaleur ou des rayons ultraviolets.

La méthode de stérilisation que nous proposons consiste à électrolyser l'eau sous une densité anodique suffisante.

La résistivité des eaux potables étant assez grande, la densité anodique nécessaire est obtenue en faisant agir aux bornes des électrodes une différence de potentiel élevée. Pratiquement 110-120 volts donnent d'excellents résultats.

Sans entrer dans l'étude détaillée des réactions connues dont les électrodes sont le siège, nous rappellerons seulement que le passage du courant dans les conditions décrites donne naissance à du chlore provenant des chlorures alcalino-terreux, à des hypochlorites provenant de l'électrolyse des chlorures alcalins contenus dans l'eau d'une part, d'autre part à de l'ozone provenant de la condensation de l'oxygène sur l'anode.

L'anode est constituée par un fil de platine; la section de ce fil la plus petite possible, correspondant à la plus faible surface anodique, est telle qu'il laisse passer le courant d'électrolyse sans échauffement appréciable.

La cathode a une surface beaucoup plus grande; elle est constituée par un cylindre métallique, en bronze, acier chromé, argent, par exemple, dans l'axe duquel est situé l'anode.

La distance qui sépare les deux électrodes est juste suffisante pour

permettre l'écoulement de l'eau et le dégagement des gaz. L'ensemble de la cathode et de l'anode constitue la chambre de stérilisation. Cette stérilisation est assurée par un bloc oxydant formé principalement de chlore, d'hypochlorite et d'ozone, sans préjudice de l'éventuelle formation d'autres agents stérilisateurs résultant d'actions complexes dues à la haute intensité du champ électrique.

L'ozone doué d'un pouvoir bactéricide considérable est peu soluble dans l'eau au-dessus de 15°. Son action stérilisante est puissante mais fugace. Le chlore libéré par le courant exerce au contraire sur l'eau une action antiseptique prolongée grâce à sa très grande solubilité. Comme celui de l'ozone, son pouvoir antiseptique s'exerce tout d'abord sur l'eau soumise à l'influence du champ électrique, produisant ainsi une action bactéricide immédiate (état naissant). Cette action se continue en dehors du champ électrique. C'est une action de contact, une action immédiate et qui se maintient au cours du transport de l'eau dans les canalisations et jusqu'aux réservoirs, tout au moins dans la limite où les réactions de réduction s'exerçant sur lui permettent son existence à l'état libre.

Sans faire entrer l'ozone dans le jeu de réactions constituant la stérilisation, et considérant seulement une action minima, celle du chlore oxydant, le simple examen de l'analyse chimique d'une eau potable telle que la définit le bureau consultatif d'hygiène, c'est-à-dire ne renfermant pas plus de 1^{mg} de matières organiques exprimées en oxygène, d'une part, et renfermant 15^{mg} de chlorures susceptibles de libérer pratiquement sous l'action du courant 2^{mg} d'oxygène d'autre part, permettra de se rendre compte que ce procédé de stérilisation, dans tous les cas où il s'agit d'eau potable, non seulement détruira toute la matière organique de ces eaux, bactéries comprises, mais encore, cette destruction obtenue, dotera l'eau devenue stérile d'un léger pouvoir bactéricide dû à l'action de contact de l'oxydant en excès parfaitement capable de la préserver pendant un certain temps d'une pollution accidentelle provenant de la canalisation ou du réservoir.

MÉDECINE. — *La différenciation des sérums pathologiques au moyen de leurs figures de déshydratation.* Note de MM. **Roger Douris** et **Charles Mondain**, présentée par M. d'Arsonval.

L'un de nous, en collaboration avec M. Giquel ([1]), a montré que dans certains sérums pathologiques (syphilitiques, tuberculeux, cancéreux) l'équilibre qui existe entre les matières albuminoïdes et les substances salines est aisément rompu par l'addition d'eau distillée. L'appréciation photométrique des floculations produites permet d'établir la différenciation de ces sérums. Le déséquilibre est surtout très accentué chez les sérums cancéreux.

Préoccupés de ce fait qu'une seule détermination d'une propriété physique est insuffisante pour permettre de caractériser un sérum, nous avons envisagé une étude dans laquelle interviendraient la tension superficielle, la densité du sérum, sa viscosité, sa résistance à la déshydratation. Nous avons pu ainsi obtenir des documents que l'on peut conserver pour des comparaisons ultérieures. Ces expériences sont analogues à celles qui ont été faites par d'autres auteurs Leduc, Liesagang, Bechhold ([2]), I. Butschi ([3]), H. Fischer ([3]) pour établir les formes particulières qui s'observent dans la cristallisation de substances dans les gels ou bien dans la congélation ou la dessiccation de ces derniers.

Notre technique consiste essentiellement à mettre une série de gouttes de sérum parfaitement clair et dépourvu d'hémoglobine sur une lame de verre dans des conditions bien déterminées, à dessécher à la température de 40° et à examiner ensuite la structure produite soit au microscope ou mieux encore par projection, et à photographier les lignes de force qui résultent de la dessiccation.

Pour tirer des déductions, il importe d'opérer dans des conditions expérimentales toujours identiques. La tension superficielle jouant un rôle important, il est indispensable d'employer des lames de même verre d'une propreté parfaite. De nombreux détails seront indiqués dans un autre recueil sur l'instrumentation nécessaire pour permettre de répéter nos expériences. Nous nous contentons de donner ici quelques résultats.

([1]) R. Douris et G. Giquel, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 628.

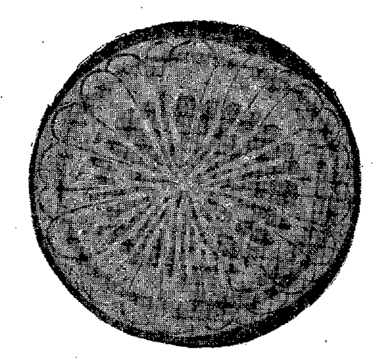
([2]) D'après W. Kopaczewski, *Théorie et pratique des colloïdes*, p. 20, 22; Vigot frères, éditeurs, Paris, 1923.

([3]) D'après Ostwald, *Manipulation de Chimie colloïdale*, p. 125, trad. S. Vellinger; Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris, 1924.

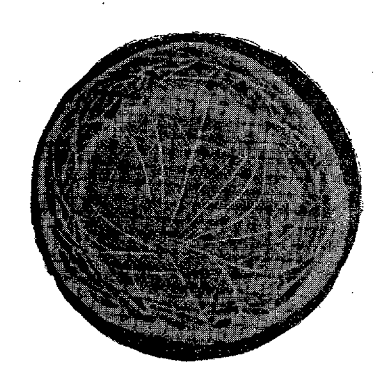
La déshydratation entraîne des contractions de la gelée sérique. La rupture s'effectue suivant des lignes de force variables suivant le sérum examiné.

Un sérum normal est caractérisé par une structure régulière en aster. Les lignes de force dirigées de la périphérie au centre, régulièrement espacées, légèrement incurvées au voisinage de la périphérie de la goutte, déterminent des fuseaux étroits et réguliers.

Un sérum syphilitique présente une structure moins régulière. La disposition centrique est nettement perceptible, l'élargissement considérable



Sérum normal.



Sérum cancéreux.

des fuseaux est surtout la caractéristique. Une dessiccation plus prolongée entraîne l'éclatement de certains fuseaux, dont l'absence détermine des zones noires sur les photographies. Sous l'action du traitement aboutissant à une réaction de Bordet-Wassermann négative, on voit réapparaître la structure normale régulière.

Dans les sérums tuberculeux on perçoit encore quelques lignes de force déterminant trois ou quatre fuseaux considérablement élargis.

Dans les sérums cancéreux, l'irrégularité des figures est la règle. Les fuseaux, lorsqu'ils sont perceptibles, ne sont qu'ébauchés. Les lignes de force ont en effet tendance à prendre une direction surtout concentrique. Il en résulte une déformation des fuseaux avec sectionnements nombreux aboutissant à des figures irrégulières polygonales à côtés curvilignes.

Conclusions. — Les figures de déshydratation des sérums normaux sont régulières et montrent toujours une assez grande symétrie dans les lignes de force mises en évidence par la dessiccation.

Cette symétrie, que l'on constate encore sous les sérums syphilitiques, disparaît pour ainsi dire totalement chez les sérums cancéreux.

Les figures obtenues avec des sérums de syphilitiques, de tuberculeux, de lépreux, constituent, de plus, tous les termes de passage entre la structure du sérum normal et celle du sérum cancéreux.

Les nombreuses figures obtenues avec les sérums d'individus atteints d'affections cancéreuses diverses mettent en évidence un déséquilibre sérique qu'il convient de rapprocher de l'anarchie cellulaire constatée par les histologiques dans toutes les tumeurs néoplasiques.

La karyokinèse étant, sans aucun doute, sensible aux influences physicochimiques, l'anarchie cellulaire est, à notre avis, précédée par une anomalie sérique, d'où la possibilité de diagnostiquer, dans une certaine mesure, les états précancéreux.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1927.

Les régions polaires, par J. ROUCH. Paris, Alcan, 1927; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. Jean Charcot.)

Traité de géographie physique, par EMMANUEL DE MARTONNE, 4e édition. Tome I : *Notions générales, climat, hydrographie,* 1925; Tome II : *Le relief du sol,* 1926; Tome III : *Biogéographie*, avec la collaboration de AUG. CHEVALIER et L. CUÉNOT, 1927; Paris, Armand Colin, 3 vol. $25^{cm},5$.

La vie de la cellule végétale, par RAOUL COMBES. Paris, Armand Colin, 1927; 1 vol. 17^{cm}.

Questions relatives aux mathématiques élémentaires réunies et coordonnées, par FEDERIGO ENRIQUES. Fasc. I : *L'évolution des idées géométriques dans la pensée grecque. Point, ligne, surface*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 24^{cm}.

Leçons choisies de mécanique. Les principes de la mécanique des ressorts. Le choc des corps solides, théorie, expérimentation, utilisation, par A. BOULENGER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 2 fasc. 23^{cm}.

L'anomalie magnétique de Koursk. Atlas des cartes des éléments magnétiques mesurés sous la direction générale de P. LASAREFF. Moscou, 1927; 1 atlas 72^{cm}.

Travaux de la première conférence géodésique (19-22 avril 1926), par MM. J. SCHOKALSKY et A. MIKHAILOV, in *Bulletin du Comité géodésique auprès la Commission d'État du plan général de l'U. R. S. S.* Moscou, 1927; 1 vol. 22^{cm}. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Les problèmes biologiques. VII. *Aspects actuels de la physiologie du myocarde* (1re série). *L'onde d'excitation motrice, son origine, sa propagation, ses manifestations électriques*, par HENRI FREDERICQ. Paris, Presses universitaires de France, 1927; 1 vol. $24^{cm},5$. (Présenté par M. Henneguy.)

Exposé élémentaire du calcul vectoriel et de quelques applications, par HENRI MALET. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Das Grödener-, Fassa- und Enneberggebiet in den Südtiroler Dolomiten. I et II : *Stratigraphie-Tektonik*. III : *Paläontologie*, par Mme MARIA M. OGILVIE GORDON. Wien, 1927; 2 vol. 36^{cm}.

Le problème monétaire, stabilisation et revalorisation en France, par CHARLES LALLEMAND, COIGNET, PIÉTRI, DE LAS CASES, CASSIN. — *Le redressement financier de la France*, par ERNEST MERCIER. Observations de CHARLES LALLEMAND, F. FOCH, FRANÇOIS MARSAL. Paris, Comité national d'études sociales et politiques, 1926, 1927; 2 fasc. $25^{cm},5$.

Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges, par D. Bois. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Lecomte.)

Faune des colonies françaises publiée sous la direction de A. Gruvel. Tome I, fasc. I : *Le port d'Agadir et la région du Sous considérés au point de vue de la pêche industrielle*, par A. Gruvel; fasc. II : *Thermosbæna mirabilis Monod, remarques sur sa morphologie et sa position systématique*, par Th. Monod. Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales; 1927; 2 fasc. 25cm. (Présentés par M. L. Mangin.)

Carte géologique du massif du mont Blanc (partie française), par Paul Corbin et Nicolas Oulianoff. *Feuille Servoz-Les Houches*. Paris, Henry Barrère, 1927; 1 fasc. 21cm,5 et une carte 76cm × 55cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUILLET 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **William Bowie**, de l'Académie nationale des États-Unis et Chef du Service géodésique des États-Unis, qui assiste à la séance.

GÉOMÉTRIE APPLIQUÉE. — *Abaques pour la résolution de l'équation générale du troisième degré et la discussion de l'équation différentielle du troisième ordre à coefficients constants.* Note (1) de M. **André Blondel.**

Comme on l'a vu dans une récente Note (2), on peut discuter aisément l'influence des coefficients b_1, b_2, b_3 de l'équation différentielle du troisième ordre

$$\frac{d^3 u}{dt^3} + b_1 \frac{d^2 u}{dt^2} + b_2 \frac{du}{dt} + b_3 u = 0 \tag{1}$$

(à laquelle conduisent de nombreux problèmes de mécanique et de physique), en déterminant graphiquement les racines réelles de l'équation caractéristique générale du troisième degré

$$x^3 + b_1 x^2 + b_2 x + b_3 = 0, \tag{2}$$

par l'intersection des droites

$$y_1 = - b_2 x - b_3, \tag{3}$$

(1) Séance du 11 juillet 1927.
(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1618.

avec les cubiques en zigzag

$$y_2 = x^2(x + b_1). \tag{4}$$

Mais la construction de tout un réseau de cubiques pour les diverses valeurs de b_1, quand on envisage des variations de ce coefficient, est un peu laborieuse.

On peut s'en dispenser par l'emploi d'un abaque universel formé seulement de trois cubiques et d'échelles faciles à tracer. Il suffit d'évaluer x et b_3 en fonction de b_1 et de remplacer les équations (3) et (4) par les suivantes :

$$y'_1 = -\frac{1}{b_1^2}\left(b_2\frac{x}{b_1} + \frac{b_3}{b_1}\right) = -\frac{1}{b_1^2}\left(b_2 x' + \frac{b_3}{b_1}\right), \tag{3'}$$

$$y'_2 = \left(\frac{x}{b_1}\right)^2\left(\frac{x}{b_1} + 1\right) = x'^2\left(x' + 1\right), \tag{4'}$$

la nouvelle variable x' étant définie par

$$x' = \frac{x}{b_1}. \tag{5}$$

L'équation (4') représente une cubique ne contenant que des coefficients constants, et applicable tant que b_1 est positif; cette courbe est tangente à l'axe des abscisses pour $x' = 0$, et à l'horizontale $y' = \frac{4}{27}$ pour $x' = -\frac{2}{3}$; entre ces deux horizontales la courbe décrit une boucle au-dessus de l'axe des x.

Quant à la droite, représentée par l'équation (3'), elle est déterminée par deux points sur les axes de coordonnées

$$x' = -\frac{b_3}{b_1 b_2} \quad \text{pour } y' = 0, \tag{6}$$

$$y' = -\frac{b_3}{b_1^3} \quad \text{pour } x' = 0. \tag{7}$$

Il suffit de mener un fil par ces deux points et de prendre ses intersections avec la cubique (4'); les abscisses x'_1 correspondantes donnent les valeurs des racines. Si les trois racines sont nulles, on trouve trois intersections. S'il n'y en a qu'une, son abscisse x' donne la valeur de la racine réelle unique $\alpha_1 = b_1 x'_1$; les deux racines imaginaires $\alpha \pm j\beta$ (avec $j = \sqrt{-1}$) s'en déduisent par des relations entre racines de l'équation (2)

$$\alpha_1 + 2\alpha = -b_1, \tag{8}$$

$$\alpha_1(\alpha^2 + \beta^2) = -b_3. \tag{9}$$

D'où

$$(10) \qquad \alpha = -\frac{1}{2}(b_1 + \alpha_1),$$

$$(11) \qquad \beta = \sqrt{-\frac{b_3}{\alpha_1} - \alpha^2} = \sqrt{-\frac{b_3}{\alpha_1} - \left(\frac{b_1+\alpha_1}{2}\right)^2}.$$

Cet abaque cartésien peut être transformé en abaque à points alignés (rentrant dans les méthodes générales de M. d'Ocagne) en reportant sur la cubique elle-même les graduations correspondantes aux abscisses de ses points. On a alors trois échelles purement numériques placées respectivement sur les deux axes et sur la cubique. La graduation sur l'axe des ordonnées peut être, suivant les cas, construite à une échelle égale, ou amplifiée, ou réduite par rapport à la graduation des abscisses.

L'abaque, ainsi établi pour les valeurs positives de b_1, n'est plus valable pour les valeurs négatives; on explicitera alors le signe en écrivant $-b_1$ et l'on obtiendra ainsi la deuxième cubique

$$(4'') \qquad y'_2 = \left(\frac{x}{b_1}\right)^2\left(\frac{x}{b_1} - 1\right) = x'^2(x' - 1),$$

symétrique de la première par rapport à l'origine des coordonnées, donc ayant sa boucle dans le quatrième quadrant au lieu du deuxième; et une autre série de droites

$$(3'') \qquad y'_1 = -\frac{1}{b_1^2}\left(b_2 x' - \frac{b_3}{b_1}\right),$$

coupant les axes aux points

$$(12) \qquad \begin{cases} x' = \dfrac{b_3}{b_1 b_2} & \text{pour } y' = 0, \\ y' = \dfrac{b_3}{b_1^3} & \text{pour } x' = 0. \end{cases}$$

On portera de même l'échelle correspondante aux abscisses sur cette deuxième courbe. On n'oubliera pas que b_1 est alors un module et non une grandeur algébrique.

Enfin, pour le cas où $b_1 = 0$, il faut tracer la troisième cubique

$$(4''') \qquad y_2 = x^3$$

avec son échelle proportionnelle aux abscisses x, qu'on reprend au lieu de x', et employer, pour tracer la droite, l'équation

$$(3''') \qquad y_1 = -b_2 x - b_3.$$

qui coupe les axes aux points

$$(13)\qquad \begin{cases} y_1 = 0, & x = -\dfrac{b_3}{b_2}, \\ y = -b_3, & x = 0. \end{cases}$$

On pourra utiliser les mêmes échelles sur les axes, mais en remarquant qu'elles se rapportent alors non plus à $\frac{x}{b_1}$ et à $\frac{b^3}{b_1^3}$, mais à x et b_3 eux-mêmes.

Les trois courbes cubiques permettent donc de calculer dans tous les cas par simple alignement les racines de l'équation complète ou incomplète du troisième degré. Ce qui est plus important, elles permettent de discuter l'équation très facilement aux points de vue :

1° Du nombre des racines réelles, mesuré par le nombre des intersections avec la droite auxiliaire;

2° De la limite de réalité (cas d'une racine double) qui correspond au cas où la droite est tangente à la cubique considérée;

3° Du signe des racines réelles et du signe de la partie réelle des racines imaginaires;

4° Et enfin de l'influence des coefficients b_1, b_2, b_3 sur la valeur et le signe des racines; or, tandis que les cubiques sont invariables, le coefficient $-\frac{b_2}{b_1^2}$ détermine l'inclinaison de la droite et le coefficient son abscisse x' à l'origine

$$x'_0 = -\frac{b_3}{b_1}.$$

Cas particuliers : quand l'équation (1) représente des régions oscillatoires, la racine réelle α_1 mesure l'amortissement du terme apériodique et l'on envisagera des surfaces de niveau (qui ici sont des plans) rapportées aux trois variables b_1, b_2, b_3 en écrivant que l'équation (2) est satisfaite pour une série de valeurs α_1 convenablement choisies :

$$(14)\qquad \alpha_1^3 + b_1\alpha_1^2 + b_2\alpha_1 + b_3 = 0.$$

Ces surfaces se réduisent à des droites dans un plan quand l'un des coefficients b_1, b_2, b_3 est nul ou constant. Par exemple, pour $b_1 = 1$, on a

$$(15)\qquad -b_3 = \alpha_1^3 + \alpha_1^2 + \alpha_1 b_2.$$

Les valeurs de b_2 et b_3 compatibles avec une valeur α_1 constante se placent donc sur une droite, et un réseau de droites obtenues pour diverses valeurs de α_1 définira ainsi toutes les conditions du problème. De même,

on peut tracer un autre réseau de droites

(16) $$b_3 = (2\alpha + 1)^3 - (2\alpha + 1)^2 + b_2(2\alpha + 1)$$

correspondantes à une série de valeurs données à la partie réelle α des racines imaginaires.

Si, au lieu de $b_1 = 1$, on a $b_2 = 1$, les équations (15) et (16) sont remplacées par

(17) $$-b_3 = \alpha_1^3 + b_1\alpha_1^2 + \alpha_1,$$

(18) $$b_3 = 8\alpha^3 + 4\alpha^2 b_1 + 2\alpha b_1^2,$$

qui représentent encore des faisceaux de droites et de coniques faciles à construire.

L'abaque qui donne à simple vue les valeurs de α_1 permet de tracer très rapidement ces topogrammes qui traduisent l'équation différentielle (1). La comparaison des coefficients suffit alors pour qu'on puisse lire sur les topogrammes les valeurs de α_1 et α correspondantes.

CATALYSE. — *Déshydrogénations et hydrogénations catalysées par des oxydes métalliques.* Note (1) de MM. **Paul Sabatier** et **Antonio Fernandez.**

Ainsi que l'un de nous l'a rappelé dans une Note récente (2), la plupart des oxydes métalliques pratiquement irréductibles par l'hydrogène sont, vis-à-vis des alcools primaires, des catalyseurs de dédoublement, qui provoquent à la fois leur déshydratation en carbures éthyléniques et leur déshydrogénation en aldéhydes, ces deux effets se produisant d'ailleurs dans des proportions très variables avec la nature de l'oxyde. On peut en déduire que ces mêmes oxydes pourront dans d'autres cas remplir le rôle de *catalyseurs de déshydrogénation*.

La comparaison des volumes d'hydrogène dégagés dans le même temps à partir de l'alcool éthylique, à surface égale de l'oxyde et dans des conditions expérimentales identiques, ne saurait fournir une mesure exacte de l'activité déshydrogénante des divers oxydes, puisque leur surface exerce le double rôle d'éliminer de l'hydrogène et de la vapeur d'eau, et que ces deux fonctions superposées doivent se gêner. Toutefois cette comparaison permet de se faire une idée approchée de leur activité.

(1) Séance du 11 juillet 1927.

(2) Paul Sabatier, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 17.

Seul, l'*oxyde manganeux*, obtenu par réduction des oxydes supérieurs du manganèse, préparés par précipitation, ne possède aucun pouvoir déshydratant vis-à-vis de l'alcool, et seulement un pouvoir déshydrogénant, 30 fois moindre que celui du cuivre réduit à basse température.

L'*oxyde de zinc*, qui est un peu déshydratant, paraît avoir une puissance déshydrogénante un peu supérieure à celle de l'oxyde manganeux, tandis que l'*alumine*, très active comme agent de déshydratation, ne possède qu'un pouvoir déshydrogénant minime, sans doute inférieur à celui de l'oxyde de zinc.

Déshydrogénations. — Il était intéressant de vérifier directement, pour des composés autres que l'alcool, la réalité de cette aptitude déshydrogénante des oxydes. C'est ce que nous avons fait avec l'oxyde manganeux opposé à la *pipéridine*. Les vapeurs de cet alcaloïde, passant dans un tube vide chauffé au-dessus de 600°, ne subissent qu'une décomposition minime, ne donnant lieu qu'à un très faible dégagement d'hydrogène. Mais ces vapeurs passant avec la même vitesse sur une traînée d'oxyde manganeux, placée dans le tube et chauffée vers 600°, fournissent un dégagement régulier d'hydrogène libre, et l'on condense un liquide brun formé d'un mélange de pyridine et de dipyridyle bouillant au-dessous de 250°, ce dernier étant produit par une certaine déshydrogénation de la pyridine. On a

$$C^5H^{11}N = C^5H^5N + 3H^2$$

et

$$2C^5H^5N = (C^5H^4N)^2 + H^2.$$

On sait que le nickel réduit réalise facilement la même déshydrogénation dès 250° [1].

En comparant les volumes d'hydrogène dégagés dans les mêmes conditions de surface des catalyseurs, de débit de la pipéridine, et de la température, il sera possible d'établir une mesure de l'activité déshydrogénante des divers oxydes.

Hydrogénations. — Comme l'un de nous l'a fait remarquer dans la Note déjà citée, les oxydes déshydrogénants doivent réciproquement être aussi hydrogénants, et l'emploi de l'oxyde de zinc comme catalyseur dans la synthèse industrielle de l'alcool méthylique par hydrogénation de l'oxyde de carbone est une vérification remarquable de cette prévision. Il est vrai que les hautes pressions jouent dans cette synthèse un rôle capital, mais elles seraient inefficaces en l'absence de l'oxyde.

Nous avons cherché à voir si l'oxyde de zinc ou l'oxyde manganeux pour-

(1) CIAMICIAN, *Lincei*, 16, 1907, p. 308.

raient, sous la pression ordinaire, servir de catalyseurs hydrogénants dans certaines réactions.

Nitrobenzène. — Les vapeurs de nitrobenzène étaient entraînées par un excès d'hydrogène sur une mince traînée d'oxyde manganeux disposée dans un tube horizontal de verre *pyrex*, dont on élevait progressivement la température. Vers 350°, on constate une légère formation de vapeur d'eau et d'ammoniaque, corrélative d'une faible réduction. A 450° et surtout à 600°, la réaction est rapide, et en même temps qu'il se dégage beaucoup d'ammoniaque, avec un peu d'anhydride carbonique, on condense un liquide aqueux très ammoniacal qui contient de l'aniline et qui surnage un liquide brun formé d'aniline tenant en dissolution un peu de benzène et des proportions importantes, faciles à séparer à l'état solide, de diphénylamine et de triphénylamine.

L'aniline est immédiatement caractérisée dans les deux couches par la réaction de la mauvéine au contact de chlorure de chaux. La diphénylamine est manifestée par la coloration bleue intense que fournit une goutte d'acide azotique dans sa solution sulfurique. La triphénylamine est indiquée par la couleur bleue que manifeste, quand on la chauffe, sa dissolution dans l'acide sulfurique pur.

La production des deux amines, secondaire et tertiaire, résulte d'un dédoublement de l'aniline, avec élimination d'ammoniaque, identique à celui qui se produit dans toutes les formations d'amines primaires au contact de nickel catalyseur. On voit que l'oxyde manganeux intervient à la manière de ce dernier comme catalyseur de l'élimination d'ammoniaque.

Nous avons d'ailleurs vérifié que, dans les mêmes conditions de débit et de température, le mélange des vapeurs de nitrobenzène et d'hydrogène, passant dans le tube vide, ne donne lieu qu'à une transformation tout à fait minime, où toutefois l'aniline peut être caractérisée : la presque totalité du nitrobenzène passe inaltérée.

L'emploi de l'oxyde de zinc comme catalyseur conduit à des résultats sensiblement identiques à ceux de l'oxyde manganeux. Avec l'alumine (préparée par précipitation et dessiccation à l'étuve), les résultats sont peu importants, quoique supérieurs à ceux obtenus sans catalyseur.

Éthers nitreux. — On sait que leur hydrogénation directe, effectuée vers 180° en présence de nickel divisé, donne lieu aux mêmes produits que celle des dérivés nitrés forméniques isomères, c'est-à-dire fournit les amines [1].

---

[1] G. GAUDION, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, 25, 1912, p. 129.

L'oxyde de zinc s'est montré plus actif que l'oxyde manganeux. La réaction s'est développée régulièrement avec le *nitrite d'isoamyle* qui a donné surtout la diisoamylamyle et la triisoamylamine, ainsi qu'avec le *nitrite d'isobutyle*, qui a conduit de même aux amines primaire et secondaire avec un dégagement corrélatif d'ammoniaque.

Nitriles. — L'hydrogénation directe du caponitrile $C^5H^{11}.CN$ s'est poursuivie de la même manière vers 500°, avec l'oxyde manganeux ou l'oxyde de zinc, et a donné, en même temps qu'une production abondante d'ammoniaque, un mélange des trois hexylamines correspondantes, avec prédominance de la dihexylamine.

Autres produits. — Les résultats de l'hydrogénation sur l'oxyde manganeux ont, au contraire, été peu satisfaisants avec les carbures éthyléniques (pour lesquels d'ailleurs le cuivre réduit est fréquemment inefficace), ainsi que pour les acétones où la réaction de dédoublement de l'alcool secondaire est, à la température d'activité de l'oxyde, bien plus rapide que celle de sa formation.

L'étude des déshydrogénations et des hydrogénations sera poursuivie par l'un de nous, pour divers autres oxydes métalliques, ainsi que dans d'autres cas.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Dépôts métalliques directs et indirects*, par M. Gasnier. (Présenté par M. L. Guillet.)

2° *Les Cahiers du Redressement Français*, fascicules 1, 4-7, 9, 13-14, 16, 22-32. (Présenté par M. L. Guillet.)

3° Louis Ravier. *Redressement financier du franc. Émission de Rente or stabilisatrice.* (Présenté par M. Charles Lallemand.)

GÉOMÉTRIE APPLIQUÉE. — *Sur une interprétation géométrique du théorème de Castigliano dans un cas particulier.* Note de M. **D. Wolkowitsch**, présentée par M. d'Ocagne.

I. *Lemme.* — Soient OD un diamètre de l'ellipse centrale d'inertie d'un système plan donné, et Δ une direction fixe de ce plan. Par chaque point p_i,

de masse m_i, du système on mène une parallèle à Δ jusqu'à sa rencontre en d_i, avec OD ; nous posons $p_i d_i = \delta_i$:

Le diamètre OD *tel que la somme* $\Sigma m_i \delta_i^2$ *soit minima est le diamètre conjugué de la direction* Δ ; la valeur du minimum est $\mathrm{M}\,\delta^2$, δ désignant la longueur du demi-diamètre parallèle à Δ, $\mathrm{M} = \Sigma m_i$ la masse totale du système.

II. Soit AB une travée encastrée à ses deux extrémités; appelons I le moment d'inertie de la section transversale de la poutre, E le coefficient d'élasticité.

Le diagramme des moments fléchissants s'obtient en comptant à partir d'une droite de référence, à déterminer, A′B′, l'ordonnée verticale y du diagramme C, correspondant au cas de charge considéré dans la travée indépendante AB.

La droite A′B′ doit satisfaire aux deux conditions : $\int_{\mathrm{A}}^{\mathrm{B}} y \frac{dx}{\mathrm{EI}} = 0$ qui exprime que les sections extrêmes demeurent invariables; et si, comme de coutume, on ne tient compte que des déformations dues au moment fléchissant $\int_{\mathrm{A}}^{\mathrm{B}} y^2 \frac{dx}{\mathrm{EI}} = \text{minimum}$, signifiant que le travail de déformation de la poutre est minimum (théorème de Castigliano). Nous écrivons avec les notations classiques $dx = ds \cos\alpha$, ds représentant l'élément d'arc de la courbe C.

Les deux conditions deviennent

$$\int_{\mathrm{A}}^{\mathrm{B}} y\, ds \frac{\cos\alpha}{\mathrm{EI}} = 0 \qquad \text{et} \qquad \int_{\mathrm{A}}^{\mathrm{B}} y^2\, ds \frac{\cos\alpha}{\mathrm{EI}} = \text{minimum};$$

l'ensemble de ces deux conditions signifie, d'après le lemme, que la droite A′B′ est le diamètre conjugué de la verticale dans l'ellipse centrale d'inertie du système constitué des éléments de la courbe C affectés d'une densité $\frac{\cos\alpha}{\mathrm{EI}}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Construction, d'après un système d'équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue, d'une équation, linéaire en Jacobiens, satisfaisant aux conditions de M. Hamburger, et aussi d'un système d'équations, linéaires en Jacobiens, pour lequel sont remplies les conditions généralisées de M. Hamburger.* Note (¹) de M. G. **Pfeiffer**, transmise par M. Appell.

Prenons le système des équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue

$$(1)\quad \begin{cases} Q\dfrac{\partial f}{\partial z_j} - Q_1^j\dfrac{\partial f}{\partial x_1} - Q_2^j\dfrac{\partial f}{\partial x_2} - \ldots - Q_q^j\dfrac{\partial f}{\partial x_q} - Q_{q+1}^j\dfrac{\partial f}{\partial x_{q+1}} = 0 \\ \qquad (j = 1, 2, \ldots, k), \\ Q\dfrac{\partial f}{\partial z_g} - Q_1^g\dfrac{\partial f}{\partial x_1} - Q_2^g\dfrac{\partial f}{\partial x_2} - \ldots - Q_q^g\dfrac{\partial f}{\partial x_q} - Q_{q+1}^g\dfrac{\partial f}{\partial x_{q+1}} = 0 \\ \qquad (g = k+1, k+2, \ldots, m); \end{cases}$$

ou, ce qui est la même chose,

$$(2)\quad \begin{cases} Q\dfrac{\partial f}{\partial z_j} - Q_1^j\dfrac{\partial f}{\partial x_1} - Q_2^j\dfrac{\partial f}{\partial x_2} - \ldots - Q_q^j\dfrac{\partial f}{\partial x_q} - Q_{q+1}^j\dfrac{\partial f}{\partial x_{q+1}} = 0 \\ \qquad (j = 1, 2, \ldots, k), \\ Q\dfrac{\partial f}{\partial x_h} - Q_1^{\omega+h}\dfrac{\partial f}{\partial x_1} - Q_2^{\omega+h}\dfrac{\partial f}{\partial x_2} - \ldots - Q_q^{\omega+h}\dfrac{\partial f}{\partial x_q} - Q_{q+1}^{\omega+h}\dfrac{\partial f}{\partial x_{q+1}} = 0 \\ \qquad (h = q+2, q+3, \ldots, n), \end{cases}$$

si

$$z_{k+1} = x_{q+2}, \ldots, z_m = x_n; \qquad g - h = \omega, \qquad \omega = m - n = k - q - 1.$$

Admettons que le système (1)-(2) est complet et par conséquent admet $q+1$ intégrales indépendantes : $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{q+1}$. Dans ce cas, si l'on regarde les variables $z_1, z_2, \ldots, z_m$, comme fonctions des variables indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_q, x_{q+1}$, la relation

$$(3)\quad \begin{cases} \Phi(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_q, \varphi_{q+1}) = 0, \\ \Phi = \text{fonction arbitraire}, \end{cases}$$

est l'intégrale de M. Hamburger de l'équation

$$(4)\quad Q + \sum_{\sigma\tau}^{mq} Q_\tau^\sigma \frac{\partial z_\sigma}{\partial x_\tau} + \sum_{\sigma}^{m} Q_{q+1}^\sigma \frac{\partial z_\sigma}{\partial x_{q+1}} + (\mathrm{H}) = 0;$$

(¹) Séance du 18 juillet 1927.

si l'on regarde les variables $z_1, z_2, \ldots, z_k$, comme fonctions des variables indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_{q+1}, x_{q+2}=z_{k+1}, \ldots, x_n=z_m$, la même relation (3) est l'intégrale de M. Hamburger du système

$$(5)\quad \begin{cases} Q+\sum_{\sigma\tau}^{kq} Q_\tau^\sigma \dfrac{\partial z_\sigma}{\partial x_\tau}+\sum_{\sigma}^{k} Q_{q+1}^\sigma \dfrac{\partial z_\sigma}{\partial x_{q+1}}+(\mathrm{H})=0, \\ R^h+\sum_{\sigma\tau}^{kq} R_{h\,\tau}^\sigma \dfrac{\partial z_\sigma}{\partial x_\tau}+\sum_{\sigma}^{k} R_{h\,q+1}^\sigma \dfrac{\partial z_\sigma}{\partial x_h}+(\mathrm{H})=0 \\ \qquad (h=q+2, q+3, \ldots, n). \end{cases}$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les polynomes multiplement monotones qui s'écartent le moins de zéro.* Note [1] de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Borel.

Nous disons qu'une fonction est multiplement monotone d'ordre $h+1$ dans un intervalle donné, si toutes ses dérivées des $(h+1)$ premiers ordres sont du même signe dans l'intervalle considéré.

Nous allons donner ici la solution générale de deux problèmes qui présentent les généralisations respectives des problèmes correspondant à $h=0$ résolus par Tchebichef [2] et par moi [3].

Premier problème. — *Déterminer l'oscillation minima du polynome*

$$(1)\qquad P(x)=\pm x^n+p_1x^{n-1}+\ldots+p_n$$

dans l'intervalle l, où il est monotone d'ordre $(h+1)$.

Pour fixer les idées, je supposerai $n-(h+1)=2m$ pair, et le signe des $(h+1)$ premières dérivées le même que celui de x^n.

Dans ce cas le polynome $P(x)$ donnant l'oscillation minima dans l'intervalle $(-1, +1)$ (qui est déterminé à une constante additive près) est représenté par l'expression

$$(2)\qquad P(x)=\int_{-1}^{x}(x-z)^h u^2(z)\,dz,$$

où

$$(3)\qquad u(x)=\frac{C}{(1-x)^h}\frac{d^m}{dx^m}(1-x)^{m+h}(1+x)^m.$$

---

[1] Séance du 18 juillet 1927.

[2] *Sur les fonctions qui s'écartent le moins possible de zéro* (*Œuvres*, 2).

[3] *Leçons sur les propriétés extrémales, etc.*, p. 47.

est à un facteur constant près un polynome de Jacobi de degré m, la constante C étant déterminée par l'identification des termes du plus haut degré dans (2), de sorte que

$$C = \frac{1}{(n-1)\ldots(n-m)}\sqrt{\frac{n(n-1)\ldots(n-h)}{h!}}.$$

Donc l'oscillation minima $E_h(l)$ pour un intervalle de longueur l est donnée par la formule

$$(4)\qquad E_h(l) = l^n \frac{[(m+h)!\,m!]^2}{(n-1)!\,2m!\,h!}.$$

En posant $a = \frac{h}{n-1}$, on démontre que, n croissant indéfiniment, $E_h(l)$ *tend vers zéro, si*

$$l < 4\frac{a^a}{(1+a)^{1+a}} = A,$$

et croît indéfiniment, lorsque $l \geqq A$; en particulier, $E_h(l)$ est de l'ordre de $\sqrt{n}$ pour $l = A$. Ainsi la valeur critique A décroît depuis 4 jusqu'à 1, si a croît de 0 à 1.

Second problème. — *Déterminer l'oscillation minima dans l'intervalle* $(-1, +1)$ *du polynome*

$$(5)\qquad P(x) = p_0 x^n + p_1 x^{n-1} + \ldots + p_n$$

de degré non supérieur à n monotone d'ordre $(h+1)$ *dans cet intervalle, si sa dérivée première atteint la valeur* 1 *dans l'intervalle considéré.*

En nous plaçant encore, pour fixer les idées, dans l'hypothèse que $n-(h+1) = 2m$ est pair, nous trouvons que le polynome réalisant le minimum est

$$(6)\qquad P(x) = \int_{-1}^{x} (x-z)^h a^2(x)\,dx,$$

où

$$(7)\qquad a(x) = \frac{A\,u_{m+1}(x)}{x-\lambda_{m+1}},$$

$u_{m+1}(x)$ étant le polynome de Jacobi de degré $m+1$ correspondant à la formule (3) (où l'on remplace m par $m+1$ et h par $h-1$) et λ_{m+1} *la plus grande racine de ce polynome;* la constante A est déterminée par la relation

$$\int_{-1}^{1} (1-z)^{h-1}(a^2 z)\,dz = \frac{1}{h}.$$

L'oscillation minima cherchée L_h *est alors déterminée par la formule*

$$L_h = \frac{1 - \lambda_{m+1}}{h}. \tag{8}$$

Ainsi la détermination effective de L_h exige le calcul de la plus grande racine λ_{m+1} du polynome $u_{m+1}(x)$ de Jacobi de degré $(m+1)$ correspondant à la formule (3) modifiée de la façon indiquée, et, par exemple, pour $h=1$, celui de la racine du polynome de Legendre de degré $m+1$.

La discussion de la formule (8) pour $n \to \infty$ montre d'abord immédiatement que, si h reste fixe,

$$\lim_{m=\infty} (m^2 L_h) = \frac{2\alpha_h}{h} \tag{9}$$

reste finie, où α_h est la plus petite racine de la fonction de Bessel

$$1 - \frac{u}{h} + \frac{u^2}{2!\,h(h+1)} - \ldots.$$

Au contraire, si m est fini,

$$L_h \sim \frac{2}{n}.$$

On démontre qu'en général

$$L_h > 2\frac{h-1}{(h+m)^2}e^{-2}, \tag{10}$$

de sorte que m et h croissant indéfiniment, L_h *est toujours de l'ordre de* $\frac{h}{n^2}$. Ainsi, pour que la croissance maxima de la dérivée première d'un polynome multiplement monotone de degré n qui reste borné dans un intervalle donné soit de l'ordre de n, à l'extrémité de cet intervalle, il est nécessaire et suffisant que le nombre h de dérivées successives de même signe soit de l'ordre de n.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Mouvement le plus général d'une masse fluide hétérogène isolée, qui conserve une forme invariable. Les trajectoires sont circulaires et les surfaces de niveau sont de révolution.* Note [1] de M. A. **Véronnet**, transmise par M. Appell.

J'ai montré [2] que le mouvement à la Poinsot était impossible dans tous les cas de forces et de mouvements internes, et qu'une masse fluide ne

[1] Séance du 18 juillet 1927.
[2] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 30.

pouvait que tourner autour d'un axe fixe. Dans tous les cas également il n'y a qu'une seule forme possible de trajectoires et de surfaces de niveau.

1° *Cas du mouvement relatif.* — La masse tourne tout d'une pièce avec une vitesse de rotation ω, la même pour toutes les molécules, l'axe Oz étant l'axe de révolution, on a les équations du mouvement

$$(1)\qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = X + \omega^2 X, \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = Y + \omega^2 Y, \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} = Z,$$

ρ est la densité, variable en chaque point; X, Y, Z les composantes de l'accélération, due aux forces réelles appliquées en chaque point, par exemple l'attraction de tous les points de la masse. On démontre d'abord, comme pour une masse homogène (voir P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, 4, n° 17) au moyen des équations d'Euler, que la rotation doit se faire autour d'un axe principal d'inertie. Les trajectoires sont circulaires; les surfaces d'égale densité et de niveau sont de révolution.

En effet il y a une fonction des accélérations Q. Les équations (1) multipliées par dx, dy, dz et intégrées donnent

$$(2)\qquad \frac{1}{2}\omega^2(x^2+y^2) = \frac{1}{2}\omega^2 r^2 = Q + \text{const.} \qquad (r^2 = x^2 + y^2).$$

Considérons alors l'intersection d'une surface d'égale densité par une surface Q constant. Le second membre de (2) est constant sur cette intersection, qui est donc un cercle de rayon r, contenu dans un plan normal à Oz, ayant son centre sur Oz.

On démontre de même, au moyen des équations (1), que les surfaces de niveau ou d'égale pression sont aussi de révolution dans le cas général, où elles ne coïncident pas avec les précédentes.

2° *Cas du mouvement permanent.* — Si le mouvement n'est pas tourbillonnaire, il y a une fonction des accélérations Q, qui représente l'énergie cinétique par unité de masse. En désignant par V la vitesse d'une molécule, on a en tout point du fluide, d'après une formule connue,

$$(3)\qquad \frac{1}{2}V^2 = Q + \text{const.}$$

Or, dans notre milieu fluide hétérogène, supposé un liquide incompressible, les trajectoires sont toutes situées sur les couches d'égale densité, puisque les molécules conservent partout leur densité propre. Sur l'intersection des surfaces Q constant avec les surfaces d'égale densité, on a V

constant, et ces courbes d'intersection sont précisément les trajectoires, comme on le montre facilement. Il en résulte que les vitesses, variables en chaque point, doivent rester constantes tout le long des trajectoires particulières. On démontre ensuite que les surfaces d'égale vitesse doivent être toutes cylindriques par rapport à une même direction. Cela résulte de ce que le gradient de $\frac{1}{2}V^2$, égal à la résultante des forces, équilibre la force centrifuge $\frac{V^2}{R}$, située dans le plan osculateur de la trajectoire. La même relation permet de démontrer alors que les trajectoires sont toutes circulaires et concentriques à un même axe. Les surfaces de niveau et d'égale densité sont donc de révolution autour de cet axe. Mais ce résultat montre que le mouvement ne peut être irrotationnel, et l'hypothèse faite ne peut être justifiée que si la loi des vitesses de rotation ω en fonction de la distance r à l'axe de rotation est donnée par ωr^2 constant. Cette hypothèse est trop restrictive.

On est conduit à reprendre les calculs dans l'hypothèse d'un mouvement tourbillonnaire. La fonction Q est remplacée alors par une autre fonction plus complexe K, contenant le tourbillon en chaque point. Mais le terme nouveau introduit est normal à la vitesse et l'on peut démontrer, comme ci-dessus, que les intersections des surfaces K constant et des surfaces d'égale densité sont les trajectoires, que la vitesse y est constante, qu'elles sont circulaires et que les surfaces sont de révolution. Cependant les surfaces d'égale vitesse ne sont plus cylindriques, sauf s'il y a encore une fonction des accélérations Q.

3° *Cas du mouvement permanent avec rotation d'ensemble.* — Les démonstrations du cas précédent supposent les axes fixes et les surfaces invariables également fixes dans l'espace. On a démontré dans la Note précédente qu'une masse fluide, animée d'un mouvement permanent intérieur, pouvait de plus tourner en bloc autour d'un axe de rotation, mais cet axe devait être fixe dans le corps et coïncider avec un axe principal d'inertie. En prenant des axes liés aux surfaces invariables et entraînés avec elles, l'un de ces axes coïncidant avec l'axe de rotation d'ensemble et étant fixe, on démontre, comme dans le deuxième cas précédent, que les trajectoires sont circulaires et que les surfaces sont de révolution par rapport à cet axe. Le troisième cas rentre donc dans le deuxième.

4° *Cas du mouvement non permanent avec invariance géométrique des surfaces.* — On démontre que les surfaces d'égale densité ne peuvent rester invariables que s'il y a mouvement permanent. On retombe sur le troisième et le deuxième cas.

Ainsi donc dans une masse fluide hétérogène, qui conserve une figure invariable, les surfaces de niveau et d'égale densité, et par conséquent la surface extérieure, sont toutes de révolution. Les trajectoires sont toutes circulaires et les vitesses constantes sur ces trajectoires. Si de plus il y a une fonction des accélérations, les surfaces de vitesse constante sont cylindriques et la vitesse de rotation est fonction de la seule distance à l'axe de rotation. Dans tous les cas, les équations du mouvement sont donc données par les équations (1), où ω est constant dans le cas de l'équilibre relatif, et variable d'un point à un autre dans le cas plus général du mouvement permanent.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le déroulement des courroies.* Note [1] de M. **Swyngedauw**, présentée par M. G. Kœnigs.

Lorsqu'une courroie quitte sa poulie, le redressement de sa face interne ne peut commencer qu'à l'instant et au point où cette face quitte la poulie, quoique à la face externe, le redressement puisse se faire sentir par répercussion quelques instants auparavant, comme le montre la méthode stroboscopique [2].

Deux cas sont à distinguer *suivant que la courroie glisse ou non sur la poulie* quelques instants *avant de quitter celle-ci.*

1° Dans le premier cas le plus fréquent; deux éléments placés bout à bout de part et d'autre de la ligne de dernier contact, l'un touchant la poulie, l'autre l'ayant déjà quittée sont soumis pratiquement à la même tension totale, celle du brin qui quitte la poulie, c'est-à-dire la tension t du brin mou, si la poulie est menante, la tension T du brin tendu si la poulie est menée.

Considérons donc un élément de courroie qui passe de l'azimut critique inverse [3] dans le brin rectiligne (mou ou tendu); sa *lamelle* externe subit une variation de longueur spécifique, sous l'action simultanée du redressement et de la chute de tension totale $T_c - T_d$: T_c étant la tension de l'élément sur l'azimut critique inverse, T_d celle du même élément redressé (dans le brin mou ou tendu).

---

(1) Séance du 4 juillet 1927.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 959.

(3) Défini par le point d'adhérence critique pour la rotation de sens inverse de celle de la courroie et qui est situé sur l'azimut 160°, si l'on admet que la courroie quitte la poulie sur l'azimut 180°.

On peut supposer que ce mouvement se fait en deux temps : 1° un redressement sous tension constante et 2° une variation de vitesse de la courroie redressée correspondant à la variation de longueur spécifique sous l'influence de la chute de tension $T_c - T_d$.

Si la poulie est menante, la tension va en diminuant le long de l'arc α compris entre le point critique inverse C et le point D où la courroie quitte la poulie : T_d est la tension t du brin mou; et l'on a sensiblement $T_c - T_d = f\alpha t$. Si α n'atteint que quelques degrés $g' = \frac{f\alpha t}{Es}$; E étant le coefficient d'élasticité, s la section de la courroie; g' est vraiment une chute de vitesse qui *accentue* la chute de vitesse due au redressement de la courroie.

Si la poulie est menée, la tension d'un élément va en augmentant le long de l'arc et T_d est la tension T du brin tendu, $T_c - T_d = f\alpha T$.

$g' = \frac{f\alpha T}{Es}$ est une augmentation de vitesse qui *contrarie* la diminution de vitesse créée par le redressement, de sorte *qu'au déroulement la chute de vitesse est plus grande à la poulie menante qu'à la poulie menée;* ce que l'expérience vérifie *très nettement.*

Désignons par $f(R)$ la diminution de vitesse due au déroulement sous tension constante, par Δmd et Δgd les chutes de vitesse au déroulement suivant que la poulie est menante ou menée et posons

$$B = \frac{f\alpha}{Es}, \quad (1) \qquad \Delta md = f(R) + Bt, \quad (2)$$

$$\Delta gd = f(R) - BT, \quad (3) \qquad \Delta md - \Delta gd = B(T + t). \quad (4)$$

En remplaçant B par son expression (1) dans (4) on obtient la valeur du coefficient de frottement dans le glissement fonctionnel de la courroie :

$$f = \frac{Es(\Delta md - \Delta gd)}{(T + t)\alpha}$$

avec

$$T + t = 118^{kg}, \quad T - t = 30^{kg}, \quad s = 320^{mm^2}, \quad E = 25, \quad \alpha = 0,35.$$

Pour la courroie cuir sur fleur $f = 0,44$ et sur chair $f = 0,62$, valeurs se rapprochant de celles indiquées par MM. Auclair et Boyer Guillon [1].

2° Considérons maintenant le cas où l'adhérence sur la poulie est consi-

(1) *Bulletin n° 20 du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers*, 1924 (Paris, Béranger, éditeur), p. 71 et suiv.

dérable comme pour la courroie en caoutchouc de sorte qu'il n'y a pratiquement aucun glissement sur la poulie comme le montre l'expérience stroboscopique.

Dans ce cas, la tension d'un élément immédiatement avant de quitter la poulie est celle de la tension au point critique d'enroulement, c'est-à-dire égale à $T_e(1+k)$ en désignant par T_e la tension du brin avant l'enroulement; k étant le coefficient de renforcement de la tension, mais la tension du brin étant la tension t du brin mou si la poulie est menante, la tension T du brin tendu si elle est menée, il se produit *dès que la courroie quitte la poulie une variation de tension* qui pour la poulie menante est égale à $(1+k)T-t$ et pour la poulie menée égale à $(1+k)t-T$; la variation relative de vitesse du brin qui quitte la poulie menante ou menée peut ainsi s'écrire, en tenant compte de la valeur de g' pour le ΔT considéré,

$$\Delta md = f(R) + \frac{(1+k)T-t}{Es},$$

$$\Delta gd = f(R) - \frac{(1+k)t-T}{Es},$$

$$\Delta md - \Delta gd - \frac{(2+k)(T-t)}{Es}.$$

Comme d'autre part on a dans l'enroulement ([1])

$$\Delta me - \Delta ge = \frac{k(T-t)}{Es},$$

il vient

$$\frac{\Delta md - \Delta gd}{\Delta me - \Delta ge} = \frac{2+1}{k},$$

si k est de l'ordre de 0,1, $\Delta md - \Delta gd$ est donc 21 fois, c'est-à-dire pratiquement considérablement plus grand que $\Delta me - \Delta ge$, ce que montre précisément l'expérience.

MÉCANIQUE. — *Stabilité des vibrations du train avant d'une voiture automobile.* Note ([2]) de M. **D.-S. de Lavaud**, présentée par M. Rateau.

J'envisagerai les vibrations angulaires des roues d'avant autour de leurs pivots et de leur essieu, entre les pneumatiques et les ressorts. Soient :

([1]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1316.

([2]) Séance du 13 juillet 1927.

I_0, I, I_e les moments d'inertie d'une roue par rapport à son axe et son pivot et celui du train avant par rapport à l'axe longitudinal de son centre de gravité;

q, r les coefficients d'élasticité $\frac{dF}{d\varepsilon}$ des pneus et des ressorts;

L, l, l' l'empattement, la voie et l'écartement des ressorts;

P, b le poids de la voiture et la distance à l'essieu arrière de la verticale de son centre de gravité;

Ω la vitesse angulaire de lacet de la voiture;

ω, R, γ la vitesse angulaire, le rayon, l'angle de chasse des roues;

μ_0 le coefficient de rappel élastique d'une roue;

α, θ les écarts angulaires de l'essieu et des roues.

Les couples gyroscopiques $I_0\omega\frac{d\alpha}{dt}$, sur chaque roue, et $-2I_0\omega\frac{d\theta}{dt}$, sur l'essieu, *modifient les périodes*. Celui $-2I_0\omega\Omega$, sur l'essieu, *affecte la stabilité des vibrations*. Or $\Omega = \omega\frac{R}{L}\theta$, d'où, *sans frottement ni amortissement* :

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{2I_0\omega}{I_e}\left(\frac{d\theta}{dt} + \frac{\omega R}{L}\theta\right) + x_e^2\alpha = 0, \tag{1}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{I_0\omega}{I}\frac{d\alpha}{dt} + x_r^2\theta = 0, \tag{2}$$

$$x_e^2 = \frac{ql^2 + rl'^2}{2I_e} = \frac{\lambda}{I_e}, \tag{3}$$

$$x^{r} = \frac{\mu_0}{I} + \frac{P}{gI}\frac{bR^3}{2L^2}\gamma\omega^2 = \frac{\mu}{I}. \tag{4}$$

Toute vibration naturelle comprend les deux *vibrations principales*. Si $i = \sqrt{-1}$, l'une sera $\alpha = \alpha_0 e^{ixt}$, $\theta = \theta_0 e^{ixt}$, $\frac{\alpha_0}{\theta_0}$ étant imposé et x connu par l'équation

$$(x^2 - x_e^2)(x^2 - x_r^2) - \frac{2I_0^2\omega^2}{II_e}x^2 = -i\frac{2I_0^2\omega^3}{II_e}x\frac{R}{L}. \tag{5}$$

Soient x_0 et x'_0 les racines *réelles et distinctes* du premier membre, voisines des modules de x et x', *imaginaires*, satisfaisant à (5). Soit $x_0 > x'_0$. Le premier membre s'écrivant $(x^2 - x_0^2)(x^2 - x_0'^2)$, la racine voisine de x_0 s'obtient en remplaçant x par x_0, partout, sauf dans $x^2 - x_0^2$. φ étant *réel, positif*, et ses puissances négligeables,

$$x = x_0 - i\varphi, \tag{6}$$

$$\varphi = \frac{I_0^2}{II_e}\frac{R}{L}\frac{\omega^3}{x_0^2 - x_0'^2}. \tag{7}$$

Sans changement de la période, *la vibration est excitée*, car en passant

aux quantités réelles, α_0 étant arbitraire :

$$\alpha = \alpha_0 e^{\varphi t} \cos x_0 t, \tag{8}$$
$$\theta = n\alpha_0 e^{\varphi t} \sin x_0 t. \tag{9}$$

Le rapport n des amplitudes est sensiblement le même que sans l'excitation gyroscopique. L'autre vibration, *de moindre fréquence*, s'éteint, *φ devenant pour elle négatif*.

Mais l'amortissement naturel superposé provoque les couples $-f\frac{d\alpha}{dt}$ à l'essieu et $-f'\frac{d\theta}{dt}$ à chaque roue. Le même calcul montre que x, dont le module est voisin de x_0, est accru de :

$$\Delta x = i\frac{f}{2\mathrm{I}_e}\frac{x_0^2 - x_r^2}{x_0^2 - x_0'^2} + i\frac{f'}{2\mathrm{I}}\frac{x_0^2 - x_e^2}{x_0^2 - x_0'^2}. \tag{10}$$

Or x_0 est voisin de x_e ou de x_r. Si x_0 est voisin de x_e, x'_0 l'est de x_r; alors, sensiblement, $\Delta x = i\frac{f}{2\mathrm{I}_e}$, $\Delta x' = i\frac{f'}{2\mathrm{I}}$. Les amortissements affectent *chacun une vibration*. φ diminue de $\frac{f}{2\mathrm{I}_e}$ ou $\frac{f'}{2\mathrm{I}}$, suivant que la vibration excitée correspond à x_e ou à x_r. Dans ce dernier cas, l'excitation ne l'emportera qu'*avec un angle de chasse insuffisant*, l'un des couples de rappel d'une roue étant proportionnel à cet angle et à $\frac{d\theta}{dt}$. Je supposerai donc, c'est le cas usuel, que la vibration excitée corresponde à $x_0 > x'_0$, *voisin de x_e* (alors elle *affecte surtout l'essieu*), $\varphi' = \varphi - \frac{f}{2\mathrm{I}_e}$ étant positif.

Les amortisseurs à frottement exercent, de plus, sur l'essieu un couple $\pm \mathrm{C}_f$, constant, *opposé à la vitesse et changeant de signe avec elle*. Si $h = \frac{\mathrm{C}_f}{\lambda}$, α devient $\alpha \pm h$ et φ' remplace φ. Étudions le mouvement à partir de $\frac{d\alpha}{dt} = 0$ et $\alpha = -\alpha_1$, donc $h > 0$. A cet instant, $t = 0$, $\cos x_0 t = 1$, aux quantités en φ'^2 près.

D'après (8), $\alpha_0 = h - \alpha_1$. La vitesse est encore nulle au temps $\frac{\pi}{x_0}$, h ayant gardé son signe et $\alpha = \alpha_2$. Les oscillations divergent si $\alpha_2 > \alpha_1$, c'est-à-dire, en vertu de (8), si

$$\alpha_1 > h\frac{e^{\frac{\pi\varphi'}{x_0}} + 1}{e^{\frac{\pi\varphi'}{x_0}} - 1}. \tag{11}$$

En résumé, la vibration principale affectant surtout les roues s'éteint généralement. L'autre, lorsque sa fréquence est la plus grande, est instable si φ' est positif et α_1 assez grand. Comme φ croît plus vite que ω^3, φ' est positif à partir d'une certaine vitesse, croissant avec l'amortissement et $x_0^2 - x_0'^2$. Les vibrations, *amorcées par les obstacles du sol ou le shimmy*, avec une amplitude α_1 suffisante, s'amplifient alors sans arrêt. Un grand *amortissement* empêche seul ce phénomène aux vitesses usuelles. L'emploi des pneus confort et des freins à l'avant l'a rendue possible aux vitesses usuelles.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la carburation dans les moteurs à explosion.* Note de M. **Rebillet**, présentée par M. Rateau.

La solution complète du problème de la carburation dans les moteurs à explosion peut être obtenue si l'on connaît, à chaque instant, le poids d'air aspiré par le moteur.

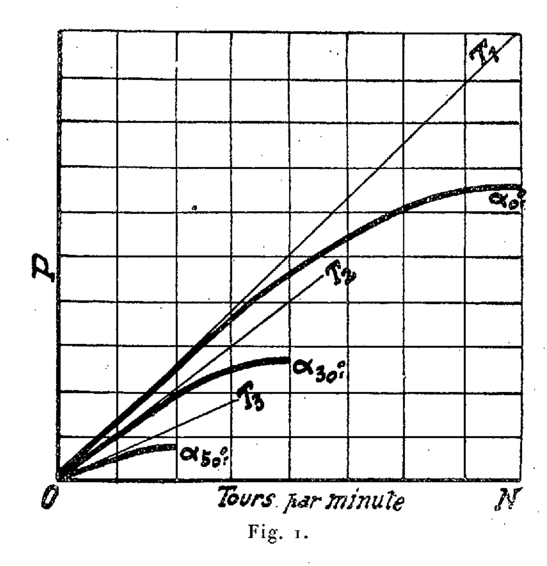


Fig. 1.

Des recherches entreprises à ce sujet m'ont permis d'établir la formule générale suivante :

$$P = vnda(1 - bn^2)t,$$

P, poids d'air aspiré pendant le temps t considéré, exprimé en minutes;
v, volume engendré par les courses d'admission pour un tour de manivelle;
n, nombre de tours par minute du moteur;
d, densité de l'air;

a et b, facteurs prenant une valeur particulière pour chaque position de l'obturateur d'admission.

Cette fonction a pour représentation graphique des courbes telles que α_0, α_{30°, α_{80° correspondant chacune à un angle déterminé de fermeture de l'obturateur.

Le problème consiste donc à faire reproduire au débit d'essence une loi représentée par une courbe identique ou semblable à celle des poids d'air. La pompe centrifuge avec ses propriétés particulières le permet. A rendement hydraulique constant les débits d'une pompe centrifuge sont proportionnels aux vitesses et, par conséquent, peuvent être représentés par une droite telle que OT_1. Pour amener les points de cette droite à se superposer à ceux de la courbe $O\alpha_0$, on introduit dans le circuit de la pompe des résistances convenables liées à la vitesse de celle-ci. De même pour passer d'une autre droite à la courbe correspondante.

Le dispositif ci-dessous répond à ces données.

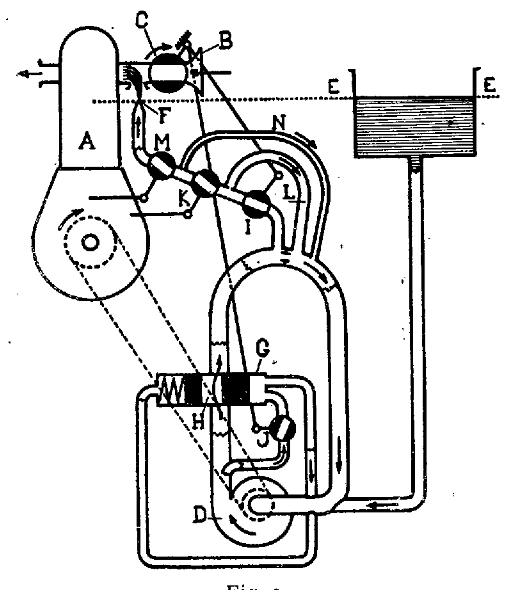


Fig. 2.

Le robinet I donne, pour chacune de ses positions, des débits fictifs représentés par les tangentes à l'origine OT_1, OT_2, OT_3, etc.

La vanne automatique G diminue, pour chacune de ses positions, les rendements hydrauliques correspondant aux diverses tangentes.

Le robinet J contracte la gamme des vitesses de rotation pour lesquelles la vanne automatique effectue toute sa course,

Le robinet K augmente ou diminue le taux de dosage général moyen et sert de correcteur altimétrique s'il est commandé par des variations barométriques ou thermométriques.

Le robinet M augmente ou diminue le taux de dosage général corrigé et permet le fonctionnement du moteur du mélange le plus pauvre au mélange le plus riche susceptibles d'être utilisés.

Les dérivations L et N facilitent l'établissement des robinets K et M.

A signaler l'injection continue réalisée et la possibilité de réglage suivant une loi autre que celle de la constance du taux du dosage.

AVIATION. — *Maximum pratique de l'agrandissement des avions commerciaux.* Note de M. **Léon Kirste**, présentée par M. Rateau.

L'agrandissement des avions a déjà fait l'objet d'études théoriques et pratiques. Le développement récent des grandes lignes aériennes donne un intérêt particulier à cette question que j'ai examinée sous un point de vue nouveau.

Je choisis comme critérium de l'agrandissement la « capacité de transport », produit de la charge marchande par le rayon d'action et par la racine carrée de la vitesse commerciale, ce dernier facteur tenant compte de l'intérêt d'une vitesse élevée pour l'exploitation.

L'agrandissement est limité par l'accroissement rapide du poids de construction. Pour reculer la limite pratique au delà de laquelle la charge marchande deviendrait trop faible pour une exploitation rationnelle, il y a lieu de répartir une certaine partie de la charge sur toute l'envergure. Cette considération m'a fait adopter le type monoplan à aile épaisse.

Les efforts en vol et à l'atterrissage ont été déterminés conformément au règlement de la Commission internationale de Navigation Aérienne. L'égalité des efforts maxima dans les différents cas de vol et d'atterrissage détermine l'emplacement des longerons d'aile, l'écartement des atterrisseurs et la répartition du poids total, dont 56 pour 100 sont répartis sur toute l'envergure, proportionnellement à la profondeur du profil, et 44 pour 100 concentrés au droit des deux atterrisseurs.

Pour le calcul du poids de la voilure j'ai admis que les longerons étaient des poutres à treillis, constituées par des tubes ronds en duralumin. La sec-

tion nécessaire a été déterminée à l'aide d'une formule qui tient compte de la compression, du flambage et du voilement de la paroi. Pour le rapport optimum entre le diamètre du tube et son épaisseur de paroi, la section nécessaire en centimètres carrés est

$$\Omega = \frac{Q}{3500} + \frac{l\sqrt{Q}}{2700},$$

Q étant l'effort de rupture en kilogrammes et l la longueur libre en centimètres.

Le règlement de la C. I. N. A. en ce qui concerne les performances minima de décollage et de montée permet d'établir une relation entre le poids total, la puissance motrice et l'allongement de la voilure. Les poids des moteurs et des accessoires peuvent donc être déterminés si l'on se fixe un poids unitaire par cheval. Des formules empiriques permettent d'exprimer le poids du reste de la construction, de l'équipage et de l'aménagement.

Le poids équipé, c'est-à-dire le poids total P_t moins la charge marchande et le combustible, s'exprime alors par

$$P_e = A P_t^{\frac{3}{2}} + B P_t + C,$$

où C est une constante, A et B des fonctions de l'allongement de la voilure.

Pour le rapport optimum entre la charge marchande et la charge de combustible, l'expression de la « capacité de transport » devient, à un facteur près :

$$P_t \lambda^{\frac{5}{12}} \frac{\left(1 - \frac{P_e}{P_t}\right)^2}{1 + 0,39 \frac{P_e}{P_t}},$$

λ étant l'allongement.

Avec les coefficients adoptés actuellement pour certains poids unitaires, le rendement des hélices, etc., j'ai trouvé que la valeur maximum de cette fonction est obtenue pour $P_t = 55000^{kg}$ et $\lambda = 12$, donnant une charge marchande de 9440^{kg} et un rayon d'action de 1575^{km} par vent contraire de 10 m:s.

Dans les grands avions on est naturellement conduit à subdiviser la puissance de façon que la chance de panne complète de l'avion soit un minimum. Si l'avion peut continuer sa route avec un tiers de la puissance en moins et si $\frac{1}{k}$ est la chance de panne individuelle d'un moteur pour la durée d'un

voyage, la chance d'une panne complète de l'avion est

$$\left(\frac{n}{k}\right)^{\frac{n}{3}+1},$$

n étant le nombre de moteurs.

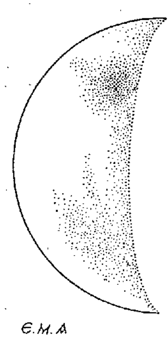
La valeur optimum est déterminée par la relation

$$k = n \times e^{\frac{3}{n}+1}.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations récentes de la planète Mercure avec la lunette de* $0^m,83$ *de Meudon.* Note de M. **E.-M. Antoniadi**, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai pu observer Mercure dans des conditions favorables les 21, 22 et 23 juin dernier avec le grand équatorial de Meudon. La planète se trouvait alors vers son élongation orientale ou du soir; mais elle n'était pas dichotome, se présentant sous la forme d'un large croissant.

Le 21 juin, je remarquai dans la partie supérieure ou australe du croissant, et près du terminateur, une plage grisâtre de forme irrégulièrement ovale. Je la signalai à mon collègue, M. Burson, qui la confirmait. Elle m'a paru rester fixe par rapport au terminateur depuis 14^h jusqu'à 17^h. M. Lyot, observant le même jour entre $19^h 30^m$ et 20^h, l'a notée sans connaître mes résultats.



Mercure, le 21 juin 1927, à $14^h 25^m$.

Je revis cet objet les 22 et 23 juin, toujours à la même position.

Déjà, en 1924, j'apercevais la même tache, que M. Lyot avait vue avec certitude en 1923 à Meudon. Elle doit être identique avec une plage sombre signalée dans ces régions de la planète par M. Danjon en 1912.

Mercure présente une coloration crème, très légèrement rosée, et aux moments de calme parfait de l'image, il m'a paru recouvert de nombreuses taches foncées qui lui donnaient un aspect comparable à celui de la Lune vue à l'œil nu.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Action remarquable de la lumière du Soleil sur la hauteur des aurores boréales.* Note de M. **Carl Störmer**, présentée par M. Deslandres.

Le soir du 8 septembre 1926, j'observai d'Oslo une remarquable draperie d'aurore boréale de couleur grise violette et ayant l'aspect d'un arc d'aurore s'étendant de l'horizon ouest jusqu'à une certaine hauteur dans le ciel. La photographie fit voir que ce n'était pas un arc, mais une sorte de draperie formée de rayons juxtaposés et difficile à distinguer visuellement. Simultanément cette même aurore fut observée de l'observatoire de Lerwick aux îles de Shetland.

De cette draperie je réussis à prendre une série de photogrammes avec base de 26^{km} environ et le calcul qui sera bientôt publié en détails donna ce résultat surprenant que cette draperie s'étendait dans l'atmosphère depuis 300 jusqu'à 500^{km} au-dessus de la Terre, tandis que toutes les draperies d'aurore photographiées dans la Norvège méridionale de 1911 à 1922 étaient situées en altitude de 80 à 200^{km} environ.

La draperie se transforma plus tard en une masse diffuse nettement limitée au bord méridional et dont la hauteur, d'après un photogramme bien réussi, excédait probablement 1000^{km}.

L'aspect singulier de cette aurore et sa situation vers l'Ouest me faisaient soupçonner qu'elle était directement exposée aux rayons du Soleil. Un calcul facile vérifia ce résultat; en effet cette aurore remarquable tout entière était située en pleine lumière du Soleil.

Ce fait me conduisit ensuite à chercher si les rayons auroraux, dont la hauteur avait été trouvée autrefois exceptionnellement grande, étaient aussi exposés aux rayons du Soleil? L'hypothèse fut vérifiée d'une manière remarquable : les rayons les plus hauts, dont la base était souvent à des hauteurs de 300 et 400^{km} et dont les sommets montaient jusqu'à 600 ou 800^{km}, étaient dans toute leur étendue illuminés par le Soleil, tandis que 95 pour 100 environ des rayons auroraux ordinaires observés à Oslo

de 1911 à 1922 et situés dans la région obscure de l'atmosphère, se trouvaient aux altitudes de 100 à 400^{km}.

Il semble donc que la lumière du Soleil a un effet singulier sur l'atmosphère supérieure, effet d'une nature thermique ou électrique et tel que le bombardement par les rayons électriques causant l'aurore boréale sera visible à des hauteurs exceptionnelles. Peut-être l'atmosphère se dilate vers le haut par un accroissement de température ou par une charge électrique due à l'ionisation, comme dans la théorie de M. Vegard? On connaît déjà un effet de la lumière sur la hauteur de la couche d'Heaviside.

Ces hautes aurores exposées au Soleil ont généralement une couleur rouge, violette ou bleue, tandis que les aurores plus basses ont la couleur ordinaire jaune verdâtre. Une seule fois j'ai regardé une pareille aurore avec un spectroscope de poche. La ligne jaune verdâtre était faible et il y avait une quantité de lignes dans le bleu et le violet.

On peut espérer que l'étude spectroscopique de ces hautes aurores, illuminées par le Soleil, donnera des renseignements précieux sur leur nature; les appareils actuels nous donneront probablement bientôt des photographies assez exactes de leur spectre.

Remarques sur la Communication précédente,
par M. H. **Deslandres**.

Les recherches antérieures de Störmer, à la fois théoriques et expérimentales, ont fait avancer beaucoup, comme on sait, nos connaissances sur l'aurore polaire et les causes qui la produisent; le fait nouveau qu'il présente aujourd'hui est très important.

Or ce fait peut être rapproché d'autres faits similaires observés dans les comètes, et qui sont : l'extension progressive vers l'extérieur des enveloppes lumineuses qui entourent le noyau des belles comètes, et l'apparition d'aigrettes opposées à la queue et donc dirigées vers le Soleil.

L'expansion des atmosphères peut être attribuée, comme l'a indiqué déjà Vegard, à l'électrisation positive de leurs couches supérieures, et aux répulsions qui en sont la conséquence. On peut invoquer aussi l'attraction exercée sur ces couches par les essaims d'électrons qui sont lancés par le

Soleil et sont particulièrement denses pendant un orage magnétique; l'effet augmente avec la durée de l'orage [1].

Or le magnétographe de l'Observatoire de Meudon, qui relève seulement la déclinaison, indique le 8 septembre 1926 une perturbation assez notable, qui a commencé à 12^h (c'est-à-dire au moins 6 heures avant l'observation de Störmer), et qui a persisté pendant la journée entière du 9. Pour bien juger la valeur de cette perturbation, il faudra examiner aussi les écarts de la force magnétique horizontale et de la force magnétique verticale relevées dans d'autres lieux.

OPTIQUE. — *Étude du pouvoir réflecteur de quelques aciers inoxydables.* Note de Mlle **J. Clavier**, présentée par M. Deslandres.

J'ai entrepris l'étude du pouvoir réflecteur de quelques aciers dits *inoxydables*, dont l'emploi comme réflecteurs semble devoir présenter un grand intérêt. Ils résistent très bien aux agents atmosphériques, sont très durs et susceptibles d'un très beau poli. Leur composition permet d'espérer que leurs pouvoirs réflecteurs soient supérieurs aux valeurs admises pour les aciers ordinaires. Leur production industrielle importante et leur bon marché ajoutent un avantage.

J'ai étudié quatre aciers : deux provenant des aciéries de Firminy et deux autres des aciéries Jacob Holtzer. Ces échantillons portaient respectivement les indications Y_2, AG_4, S_2, S_3, qui ont servi à les distinguer. J'ai étudié deux échantillons de même nom, soit 8 en tout, que j'ai répartis en deux groupes (groupes I et II), chacun d'eux comprenant les quatre miroirs Y_2, AG_4, S_2, S_3.

Cette recherche a été faite en appliquant la méthode de photométrie photographique de l'échelle de teintes.

Après une première mesure de leurs pouvoirs réflecteurs, les miroirs du groupe I ont été exposés à l'air dans le laboratoire pendant deux mois, tandis que ceux du groupe II étaient conservés soigneusement à l'abri de l'air et de l'humidité. Au bout de ce temps, je n'ai constaté aucune trace d'altération à la surface des miroirs du groupe I; ils étaient simplement

---

(1) L'effet est plus grand avec les particules positives que peut lancer aussi le Soleil; ces particules, ayant une vitesse moindre, agissent plus longtemps sur les particules négatives de notre atmosphère.

ternis. Je les ai essuyés avec une peau de daim, et, après avoir passé très légèrement les miroirs du groupe II, eux aussi, à la peau de daim, j'ai étudié successivement ces deux groupes sur les mêmes clichés.

Résultats des mesures :

POUVOIRS RÉFLECTEURS.

Longueurs d'onde en mμ..	326.	341.	361.	399.	447.	468.	508.	560.
Miroirs du groupe I, exposés à l'air.								
Y_2	47	49	53	58	59	60	61	64
AG_1	58	64	65	68	66	69	64	67
S_2	60	62	64	66	65	64	64	66
S_3	58	62	64	66	66	66	65	67
Miroirs du groupe II, non exposés à l'air.								
Y_2	47	49	52	56	58	60	61	64
AG_1	59	63	65	66	64	65	65	66
S_2	60	63	63	66	65	63	64	65
S_3	61	63	65	66	64	65	65	65

A titre de comparaison, j'ai reproduit ci-dessous quelques déterminations de pouvoirs réflecteurs faites par Hagen et Rubens :

Longueurs d'onde en mμ..	326.	338.	347.	385.	420.	450.	500.	550.
Argent neuf	14,6	55,5	74,5	81,4	86,6	90,5	91,3	92,7
Argent vieux	8,0	41,1	55,7	65,0	73,0	81,1	83,9	85,0
Acier non trempé	40,3	»	45,0	47,8	51,9	54,4	54,8	54,9
Alliage Rossi (1)	»	»	51,0	53,1	56,4	60,0	63,2	64,0
Alliage Schrœder n° 1 (2)	54,3	»	56,6	60,0	62,2	62,6	62,5	63,4

Les aciers AG_1, S_2, S_3 ont un pouvoir réflecteur plus élevé que celui du bronze des miroirs (3). Ce pouvoir réflecteur ne s'est pas affaibli pour les échantillons qui ont été exposés à l'air. Les aciers inoxydables semblent donc posséder les qualités d'un bon réflecteur.

S'ils étaient susceptibles d'être argentés facilement sans être attaqués, ils présenteraient, en raison de leurs propriétés métalliques, un intérêt réel pour la fabrication des miroirs de grandes dimensions utilisés dans les appareils astronomiques.

---

(1) Alliage de Rossi : 68,2 Cu + 31,8 Sn.

(2) Alliage Schrœder : 66 Cu + 22 Sn + 12 Zn.

(3) Bronze des miroirs : 68 Cu + 32 Sn.

J'ai réussi à argenter ces échantillons par le procédé Brashear en utilisant la formule de M. Ritchey. J'ai pu examiner, au microscope Le Chatelier, la surface des miroirs avant et après les diverses argentures. Je n'ai pas constaté de trace d'attaque même sur un miroir ayant supporté quelques essais d'argentures qui n'avaient pas tenu et deux très résistantes. Mais je ne puis affirmer actuellement qu'il serait possible de réargenter un plus grand nombre de fois ces miroirs sans qu'une attaque ne se produise à la longue.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Présentation du premier modèle de télescope aplanétique*. Note [1] de MM. **G.-W. Ritchey** et **Henri Chrétien**, présentée par M. Ch. Fabry.

Au cours de l'année 1910, nous avons étudié, à l'Observatoire du Mont Wilson, en Californie, un type de télescope nouveau, devant rendre plus faciles la construction et surtout l'aménagement de très grands instruments astronomiques.

Le rapport d'ouverture devait rester de l'ordre de grandeur de celui des instruments ordinaires : $D = f/6$; le champ devait être amélioré, mais non nécessairement plus étendu.

Il s'agissait surtout de réduire la longueur d'encombrement du télescope et, par suite, le diamètre de la coupole. De plus, on voulait ramener l'image à se former vers le centre de celle-ci, afin de simplifier les dispositifs d'accès à l'oculaire, toujours si compliqués, onéreux et incommodes avec les télescopes de forme ordinaire.

La disposition inventée en 1672 par Guillaume Cassegrain, avec second miroir amplificateur, était donc tout indiquée.

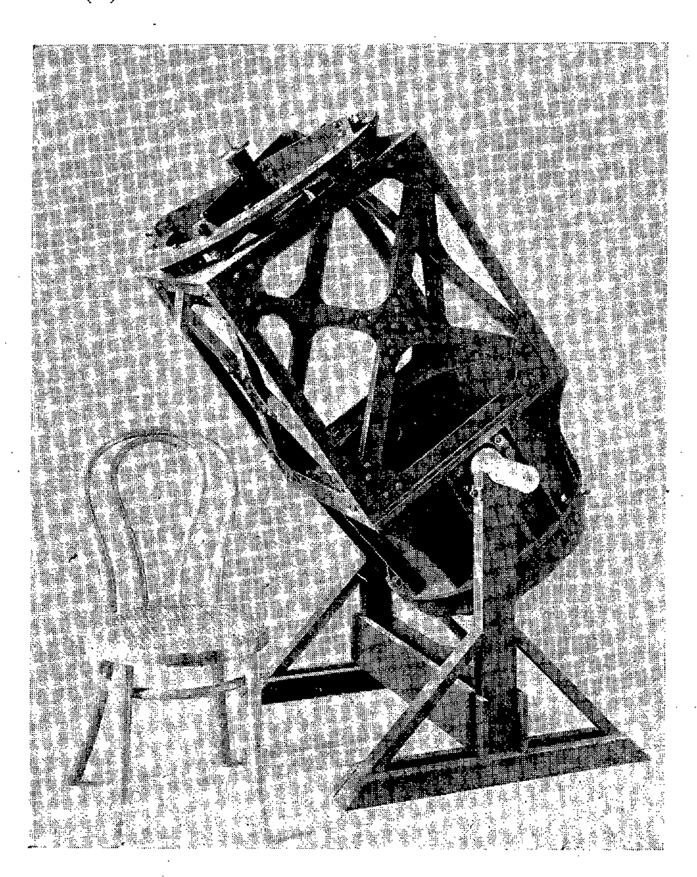
Au point de vue purement optique, disposant de deux sections méridiennes de miroirs au lieu d'une, on a cherché, évidemment, à en profiter pour corriger l'aberration non seulement sur l'axe, mais encore dans son voisinage immédiat, et obtenir ainsi un instrument *aplanétique* au sens moderne du mot.

Ce même problème avait été abordé et résolu antérieurement par K. Schwarzschild pour une autre disposition, certainement plus avanta-

---

[1] Séance du 18 juillet 1927.

geuse, au point de vue de l'ouverture relative et de l'étendue du champ, mais tout à fait inutilisable pour le but que nous poursuivons, à cause précisément de son encombrement encore plus grand que celui des instruments ordinaires [1].



On a objecté à l'emploi du télescope aplanétique que cet instrument ne se prête pas à l'adaptation successive de plusieurs miroirs secondaires, à amplifications différentes, comme on le fait couramment avec le miroir parabolique. Cette objection n'est pas fondée. On ne voit pas bien *a priori* pourquoi une combinaison optique, initialement bien supérieure à une autre au point de vue des aberrations, lui deviendrait subitement inférieure à la moindre modification d'un de ses éléments. En fait, on peut changer ici l'amplification de l'image fournie par le grand miroir tout en conservant la correc-

[1] Voir Henri Chrétien, *Le télescope de Newton et le télescope aplanétique* (*Revue d'Optique*, **1**, 1922, I et II, p. 1-28).

tion de l'aberration sphérique, et l'on ne demande rien de plus au télescope newtonien.

Une objection plus sérieuse était la crainte de difficultés insurmontables dans la taille des miroirs aux formes transcendantes nouvelles.

Néanmoins, avec les proportions insolites qu'il convenait d'adopter pour notre objet, les inquiétudes étaient justifiées et un modèle réduit devait être construit et essayé.

Ce n'est que maintenant que cette expérience a pu être faite et nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie le *premier modèle de télescope aplanétique*.

Le premier miroir mesure $0^m,505$ de diamètre : il est concave et sa longueur focale est de $1^m,64$. Le second miroir, qui est convexe, mesure $0^m,18$ de diamètre ; sa longueur focale est de $1^m,11$. Il est placé à $1^m,06$ du premièr dont il agrandit l'image 2,1 fois, de sorte que l'ouverture relative finale est égale à 1/6,825, la longueur focale de la combinaison se trouvant portée à $3^m,45$.

L'image se forme à $0^m,16$ en arrière du grand miroir qui a été percé en son sommet d'un trou de $0^m,13$ de diamètre pour permettre l'observation directe. La longueur totale de l'instrument est ainsi de $1^m,22$.

La coupole nécessaire pour abriter un grand instrument de ce type, dont le premier miroir aurait $2^m,50$ de diamètre, aurait elle-même un diamètre de 12^m, tandis qu'avec la disposition ordinaire, il a fallu lui donner environ 30^m. Au cours de son travail nocturne, l'observateur doit se tenir à l'extrémité supérieure du tube, c'est-à-dire se déplacer, avec tout son matériel, à la surface même de cet immense dôme. Avec la nouvelle disposition l'observateur sera pratiquement immobile au centre de la salle. Et ce résultat est obtenu avec le même nombre de miroirs que dans le télescope newtonien ordinaire.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'application de l'analyse spectrale à la recherche des impuretés métalliques*. Note de MM. **Edmond Bayle** et **Lucien Amy**, présentée par M. Fabry.

1. L'un de nous [1] a déjà indiqué une technique très simple en analyse spectrale. Elle consiste à photographier le spectre ultraviolet d'une étincelle fortement condensée jaillissant entre deux électrodes de charbon.

---

[1] Bayle, Fabre et George, *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 7, 1925, p. 1168.

La matière à examiner est introduite dans l'étincelle en la broyant avec un peu d'huile et en fixant la pâte ainsi obtenue sur les charbons.

La limite de sensibilité de cette méthode par l'examen des raies ultimes de de Gramont [1] est variable avec le métal à rechercher. Elle est en général comprise entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{100}$ de milligramme (10^{-4} à 10^{-5} gr).

2. Walter, Hartley et Henry Moss [2] ont indiqué la quantité minimum de substance à employer pour obtenir les raies ultimes. Ils opèrent soit en diluant le métal dans un amalgame, soit en déchargeant un certain nombre de fois un condensateur entre deux électrodes du métal. En faisant décharger le condensateur un très grand nombre de fois, on peut calculer la quantité de métal qui se vaporise à chaque opération. Il suffit de $0^{mg},00075$ ($7,5 \times 10^{-7}$ gr) de Co et moins de $0^{mg},000002$ (2×10^{-9} gr) de manganèse.

3. La quantité de matière minimum nécessaire à produire le spectre caractéristique est beaucoup plus faible que dans la méthode ordinaire. Pour quelles raisons celle-ci n'est-elle pas plus sensible ? Nous pensons que cela tient surtout à ce que la matière à essayer est chassée avant qu'elle ait pu donner un spectre caractéristique.

Le mieux est de se placer dans des conditions analogues aux expériences de de Gramont, c'est-à-dire de déposer, à l'état métallique, l'élément à rechercher sur les électrodes.

Dans ces conditions le corps est arraché de son support par l'étincelle elle-même et n'est éliminé qu'après avoir été utilisé avec le meilleur rendement possible.

Jolibois et Bonnet [3] ont déjà proposé dans ce but de déposer l'or sur des électrodes de bismuth.

La méthode de dépôt électrolytique est très générale. Elle est applicable à tous les métaux à l'exception des alcalins et des alcalino-terreux, même lorsque les liqueurs sont extrêmement diluées. Joliot [4] a en effet montré dans l'étude du dépôt électrolytique des éléments radioactifs que le dépôt s'effectuait encore à la concentration 10^{-16} N. Enfin elle permet d'extraire une très petite quantité de métal au sein d'une grande masse de sels.

---

(1) DE GRAMONT, *Comptes rendus*, **114**, 1907, p. 1101.

(2) WALTER, HARTLEY et HENRY MOSS, *Proc. Roy. Soc.*, A, **87**, 1912, p. 38.

(3) JOLIBOIS et BONNET, *Recherches de traces d'or par la spectrographie* (*Bull. Soc. chim.*, **37**, 1925, p. 1297).

(4) JOLIOT, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1325.

C. Palezza et A. Donati ([1]) entre autres ont déjà montré l'intérêt qu'il y avait à séparer les éléments par une méthode chimique avant leur recherche spectrographique.

4. Nous nous sommes proposé de généraliser la méthode de Jolibois et Bonnet.

Nous employons une cathode simple. Elle plonge jusqu'au fond de la solution à électrolyser contenue dans un tube à essais. La partie située dans le liquide est isolée. Seule l'extrémité sur laquelle s'effectue le dépôt métallique reste à nu. Cette modification nous permet de faire bouillir le liquide, ce qui favorise beaucoup l'électrolyse et permet d'augmenter l'intensité du courant.

Nos recherches ont porté sur l'argent, le plomb, le cuivre, le cobalt, le nickel, le fer, le chrome, le manganèse et le zinc; nous avons également vérifié les résultats obtenus par Jolibois et Bonnet pour l'or.

La sensibilité de la méthode, de beaucoup supérieure à celle de la technique ordinaire des spectres d'étincelles, est de l'ordre de celles des expériences de Walter, Hartley et Henry Moss.

Le dépôt électrolytique se produit en présence d'une masse même très importante de sels alcalins, alcalino-terreux ou ammoniacaux. On peut de même déposer des traces de cuivre, de plomb, d'argent, etc. en présence de zinc, de manganèse, de chrome, etc., ce qui permet de retrouver des traces d'un métal dans une masse importante de sels. Nous avons pu ainsi retrouver $\frac{1}{10\,000}$ de milligramme de fer dans 1^{g} d'acide citrique, de sulfate d'ammoniaque, etc., soit 1 pour 10000000; $\frac{1}{10\,000}$ de milligramme de cuivre dans $0^{g},50$ de zinc, soit 1 partie pour 5000000. La méthode de de Gramont d'analyse des métaux ne permettrait guère de retrouver moins d'une partie de cuivre dans 100000 de zinc.

Enfin nous avons appliqué la méthode à des recherches judiciaires telles que l'examen de traces de projectiles, de débris de peinture, de textes surchargés, de documents lavés, etc.

Nous augmentons ainsi la sensibilité de la recherche spectrographique en gardant les avantages de la technique courante; une très grande certitude et l'obtention de clichés photographiques pouvant servir de pièces à conviction.

Le tableau suivant résume les sensibilités en grammes de notre méthode :

Au...	10^{-6}	Pb...	10^{-10}	Co...	10^{-7}	Fe...	10^{-7}	Mn...	10^{-10}
Ag...	10^{-6}	Cu...	10^{-7}	Ni...	5×10^{-7}	Cr...	10^{-8}	Zn...	10^{-8}

([6]) C. Palezza et A. Donati, *Ann. Chim. Applicata*, 15, 1925, p. 535.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure des gaz dissous dans l'eau.* Note de M. L. **Dunoyer**, présentée par M. Ch. Moureu.

La mesure de la masse totale des gaz atmosphériques dissous dans un volume d'eau déterminée a pris récemment une importance particulière, en raison des difficultés que ces gaz peuvent amener dans la réalisation industrielle de certains projets relatifs à l'utilisation thermodynamique des différences de température entre le fond et la surface des mers. J'ai repris la question; la présente Note indique les résultats que m'a fournie la méthode nouvelle que j'ai essayée.

Cette méthode consiste à évaporer dans un très bon vide une petite quantité d'eau, à absorber la vapeur d'eau produite par un moyen convenable et à mesurer la pression qu'exercent les gaz restants dans un volume connu. L'appareil comprend une pompe à condensation reliée à une pompe préliminaire, une jauge de Mc Leod et un tube absorbeur pour retenir la vapeur d'eau. La pompe est séparée du reste de la canalisation par un robinet, et l'on introduit dans le tube absorbeur, également par un robinet, de petits volumes d'eau mesurés. Enfin la canalisation communique par un appendice à robinet avec un ballon jaugé qui permet, par l'application de la loi de Mariotte, de mesurer le volume de la canalisation.

Pour absorber la vapeur d'eau, j'ai employé soit l'anhydride phosphorique, soit un piège immergé dans une bouillie de neige carbonique et d'acétone, séparant de la jauge le tube dans lequel se produit l'évaporation de l'eau.

Les expériences avaient seulement pour but d'étudier la méthode et d'en éprouver la fidélité. Elles ont donc porté toujours sur la même eau, en l'espèce de l'eau distillée commerciale, ayant longtemps séjourné à l'air.

Les résultats suivants ont été obtenus :

1° On sait que la présence de vapeur d'eau fausse complètement les indications d'une jauge de Mc Leod. Dans notre appareil, l'absorption de la vapeur d'eau s'est trouvée assez parfaite pour que les mesures faites à la jauge fussent parfaitement concordantes, quel que fût le degré de compression imprimé au volume gazeux isolé dans l'ampoule de la jauge.

2° Quand on introduit dans un très bon vide une petite quantité d'eau, de l'ordre du centimètre cube, elle se congèle immédiatement en formant de petits blocs de glace.

Ceux-ci s'évaporent avec une extrême lenteur parce qu'ils ne touchent la paroi qu'en peu de points et ne reçoivent de chaleur, pour compenser le refroidissement produit par leur évaporation continue, que par rayonnement. Ainsi il faut une demi-heure pour produire l'évaporation complète de $0^g,2$ d'eau, la température du laboratoire étant de 30°.

3° On pourrait craindre que la lenteur de cette évaporation ne rendît les mesures très longues. Il n'en est rien, car les gaz sont instantanément dégagés dès l'introduction de l'eau, en même temps que la glace se forme.

4° Si l'absorbant est de l'anhydride phosphorique (28^g étalés en une couche de 24^{cm^2} environ), la pression prend une valeur constante jusqu'à la fin de l'évaporation complète et après celle-ci.

Mais il n'en est pas de même si l'on condense la vapeur d'eau par la neige carbonique et l'acétone. La pression reste d'abord invariable jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'une trace de glace, puis elle baisse rapidement et se fixe ensuite à une nouvelle valeur constante. Cela ne semble pouvoir résulter que de la condensation d'anhydride carbonique dégagé par l'eau. Mais cette condensation ne se produit que lorsque presque toute la vapeur d'eau s'est condensée. Ce fait, que rien ne semble imposer, doit être rapproché de la méthode donnée par N. R. Campbell pour la microanalyse des gaz [1]. Il est d'ailleurs en contradiction avec ce qui est généralement admis sur la non-condensation du gaz carbonique sous très faible pression par la neige carbonique; mais la présence de la vapeur d'eau peut changer les choses.

5° La pression gazeuse d'équilibre ou, dans le cas de la condensation par la neige carbonique, les deux pressions gazeuses d'équilibre, sont proportionnelles aux quantités d'eau introduites à condition que celles-ci ne dépassent pas quelques centimètres cubes. Ensuite il se produit des phénomènes d'adsorption qui produisent une diminution de la pression gazeuse.

Il convient donc de ne faire porter la mesure que sur 1 ou 2^{cm^3} au plus. Cette quantité est d'ailleurs amplement suffisante. Elle produit dans un volume de 1 litre une pression gazeuse de $0^{mm},030$ environ, facile à mesurer à la jauge à 1 ou 2 pour 100 près.

Nous avons ainsi obtenu une teneur en gaz dissous de 34^{cm^3} par litre d'eau, notablement plus forte que celle qui est généralement indiquée. Toutes précautions étaient prises, bien entendu, pour contrôler l'étanchéité parfaite de la canalisation. Il semble donc que le procédé classique, con-

---

(1) Voir par exemple, au sujet de cette méthode : L. DUNOYER, *La technique du vide*, p. 183.

sistant à chauffer l'eau sous la pression atmosphérique, n'en extrait pas tous les gaz. Pour les obtenir en totalité, il faudrait évaporer l'eau complètement par ébullition. Mais la condensation de l'eau, qui devrait être faite à l'abri des gaz, présenterait des difficultés que notre méthode évite, en étant d'ailleurs beaucoup plus rapide.

CHIMIE. — *Étude des systèmes sulfate d'uranyle, sulfate alcalin, eau, à 25°.* Note (¹) de M. **A. Colani**, présentée par M. G. Urbain.

Au cours de mes recherches sur la solubilité des sels d'uranyle (²), j'ai examiné la formation des complexes fournis par le sulfate d'uranyle, soit avec l'acide sulfurique, soit avec les sulfates alcalins. Cette étude du sulfate d'uranyle est rendue assez difficile, parce que l'on a souvent affaire à des liqueurs pouvant rester sursaturées pendant des mois; en outre les phases solides cristallisent presque toujours fort mal et d'une manière confuse.

Péligot (³) a admis comme possible l'existence de plusieurs sulfates doubles d'ammonium ou de potassium, mais il n'a indiqué comme certaine que la formule du sel d'ammonium $(NH^4)^2(UO^2)(SO^4)^2, 2H^2O$ (et non $3H^2O$ comme l'indique par erreur le rédacteur du *Gmelin-Kraut* (⁴), et comme très probable celle du sel correspondant de potassium. Ces sels doubles ont fait depuis lors l'objet de quelques recherches, mais il n'y a guère que Rimbach (⁵) qui ait étudié la stabilité vis-à-vis de l'eau des sels doubles précédents et des corps $(NH^4)^4(UO^2)(SO^4)^3, 2H^2O$ et $K^4(UO^2)(SO^4)^3, 2H^2O$.

J'ai repris cette étude en déterminant à 25° les courbes de solubilité des systèmes sulfate d'uranyle, sulfate alcalin, eau.

Systèmes UO^2SO^4, $(NH^4)^2SO^4$, H^2O à 25°. — L'étude de ce système montre l'existence à 25° des phases solides suivantes :

$UO^2SO^4, 3H^2O$ (branche de courbe AB);
$(NH^4)^2(UO^2)^2(SO^4)^3, 5H^2O$ (BC); $(NH^4)^2(UO^2)(SO^4)^2, 2H^2O$ (CD); $(NH^4)^2SO^4$ (DE).

(¹) Séance du 11 juillet 1927.

(²) *Comptes rendus*, **163**, 1916, p. 123; **165**, 1917, p. 111 et 234; *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **37**, 1925, p. 856; **39**, 1926, p. 1243.

(³) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3ᵉ série, **5**, 1842, p. 43-44.

(⁴) Gmelin-Kraut, *Handb. anorg. Chem.*, **3**, I, 1912, p. 1103.

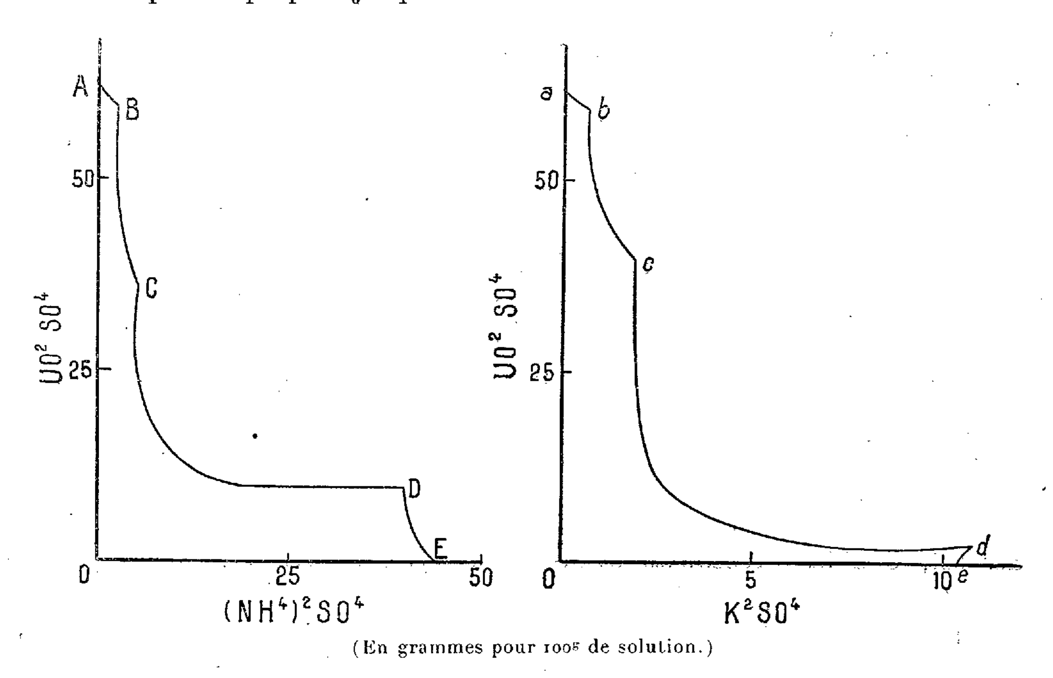
(⁵) *Berichte d. chem. Gesell.*, **37**, 1904, p. 477-481.

Le corps $(NH^4)^2(UO^2)^2(SO^4)^3$, $5H^2O$ n'a pas été signalé jusqu'ici, mais Morton et Bolton (1) ont établi son existence à l'état anhydre et H. Burger (2) et Rimbach ont préparé le sel correspondant avec l'hydroxylamine.

Système UO^2SO^4, K^2SO^4, H^2O à 25°. — J'ai trouvé à 25° les phases solides UO^2SO^4, $3H^2O$ (branche de courbe *ab*); $K^2(UO^2)^2(SO^4)^3$, $5H^2O$ (*bc*); $K^2(UO^2)(SO^4)^2$, $2H^2O$ (*cd*); K^2SO^4 (*de*). Le corps

$$K^2(UO^2)^2(SO^4)^3,\ 5H^2O$$

n'avait pas été préparé jusqu'ici.



(En grammes pour 100g de solution.)

Système UO^2SO^4, Na^2SO^4, H^2O à 25°. — Les combinaisons du sulfate d'uranyle avec le sulfate de sodium n'ont guère été étudiées. Il n'y a qu'Œchsner de Coninck (3) qui ait obtenu le corps $Na^2(UO^2)(SO^4)^2$, $3H^2O$. J'ai trouvé les phases solides : UO^2SO^4, $3H^2O$; $Na^2(UO^2)(SO^4)^2$, $3H^2O$; $Na^4(UO^2)(SO^4)^3$, $3H^2O$; Na^2SO^4, $10H^2O$. Le sulfate en Na^4 n'a pas encore été signalé jusqu'ici ; c'est pourtant le seul de cette série qui existe à froid (en présence d'un excès de sulfate de soude). La courbe de

(1) *Chem. News*, 28, 1873, p. 50.

(2) *Inaug. Dissert.*, Bonn, 1904, p. 46-4

(3) *Bull. Ac. r. Belgique*, 1904, p. 1171.

solubilité diffère notablement des deux précédentes et par la nature des phases solides, et par le beaucoup plus grand développement des branches de courbes relatives aux sels simples. Je me réserve de la publier ultérieurement dans un autre Recueil, avec le détail de mes expériences.

L'examen des courbes de solubilité montre qu'à 25° les corps obtenus semblent se comporter comme de véritables sels doubles. Seule l'augmentation de solubilité du sulfate de potassium peut faire pressentir ici la formation d'un uranylsulfate complexe. il est possible que les vrais sels complexes soient les sels de Rimbach $[UO^2(SO^4)^3]M^4$, dont le sel de potassium n'est stable qu'à partir de 80° environ. En tout cas le sel de sodium de cette série, dissous à froid dans une solution saturée de sulfate de soude, précipite immédiatement par le ferrocyanure de potassium. Ceci est conforme aux indications de M. Pascal ([1]) sur la dissociation par l'eau des uranylsulfates.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le carbonate basique de glucinium.* Note de M. **Félix Taboury**, présentée par M. Charles Moureu.

Debray ([2]) indique que le carbonate de glucinium obtenu par ébullition de la solution de glucine dans une solution de carbonate d'ammonium a pour formule

$$CO^2,\ 3GlO,\ 5H^2O.$$

Surpris de voir que les carbonates de glucinium du commerce, de différentes origines, renfermaient des quantités assez importantes d'ammoniaque comprises entre 2 et 3 pour 100 de NH^3 alors que Debray ne mentionnait pas sa présence dans le carbonate de glucinium qu'il étudiait, je me suis proposé de reprendre l'étude de ce sel. La présente Note a pour but d'indiquer les résultats que j'ai obtenus jusqu'à ce jour.

J'ai suivi la méthode classique de préparation du carbonate de glucinium : dissolution de l'hydroxyde de glucinium dans le carbonate d'ammonium à froid, et précipitation du carbonate de glucinium par ébullition de la solution.

Le sel de glucinium qui a servi de point de départ est SO^3GlO4H^2O dont j'ai vérifié la pureté par dosage de la glucine et de l'acide sulfurique.

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **13**, 1913, p. 1098.

([2]) *Ann. Phys. et Chimie*, 3e série, **44**, 1855, p. 29.

L'hydroxyde de glucinium obtenu par précipitation d'une solution du sel précédent au moyen de l'ammoniaque était lavé très longtemps jusqu'à ce que les eaux de lavage soient exemptes de sulfates. Cet hydroxyde était alors mis en suspension dans une solution aqueuse d'ammoniac et traitée par un courant de gaz carbonique pur. Au bout de quelques heures la glucine était dissoute. La solution portée à 100° abandonnait le carbonate de glucinium sous forme d'un précipité blanc *cristallin*. On lavait à l'eau froide sur filtre ce précipité jusqu'à ce que le réactif de Nessler n'indiquât plus la présence d'ammoniaque dans les eaux de lavage.

Desséché rapidement à la presse sur papier-filtre et abandonné à l'air quelques heures, ce précipité avait pour composition

$$CO^2\,3{,}65\,GlO\ 0{,}3[CO^2(NH^4)^2O]\,5{,}5\,H^2O \quad (A).$$

Après dessiccation à 100° puis sur l'acide sulfurique à la pression ordinaire et à la température ambiante l'analyse attribue à ce corps la formule

$$CO^2\,3{,}34\,GlO\ 0{,}29[CO^2(NH^4)^2O]\,4\,H^2O.$$

Si l'on poursuit pendant quatre ans cette dessiccation soit sur l'acide sulfurique soit sur P^2O^5 ce corps ne perd très sensiblement que de l'eau, et l'analyse correspond à

$$CO^2\,3{,}24\,GlO\ 0{,}28[CO^2(NH^4)^2O]\,2{,}9\,H^2O,$$

alors qu'un carbonate du commerce existant au laboratoire depuis vingt ans a pour composition

$$CO^2\,3{,}6\,GlO\ 0{,}175[CO^2(NH^4)^2O]\,4{,}35\,H^2O.$$

J'ai tenté de faire perdre au sel (A) son ammoniaque en le mettant en suspension dans l'eau chargée de gaz carbonique à la température ordinaire et en renouvelant régulièrement les eaux de lavage. En opérant sous 25^{atm} de CO^2 dans la bombe de Malher j'ai constaté que les eaux de lavage étaient plus riches en ammoniaque que celles qui provenaient d'opérations effectuées à la pression atmosphérique. Cependant à cause des difficultés de manipulation j'ai poursuivi les lavages à la pression ordinaire. Au bout de 6 mois, après plus de 24 lavages de 350^{cm^3} portant sur 5^g de substance, cette dernière contient encore de petites quantités d'ammoniaque. Elle a été ensuite desséchée sur SO^4H^2 à la pression atmosphérique durant trois ans et demi. Elle possédait alors la composition

$$CO^2\,3{,}6\,GlO\ 0{,}0016[CO^2(NH^4)^2O]\,3{,}8\,H^2O.$$

Conclusions. — Des résultats exposés ci-dessus il semble que l'on puisse conclure :

1° Que la décomposition à 100° du carbonate double de glucinium et d'ammonium en solution dans le carbonate d'ammonium ne conduit pas au corps CO^2, $3GlO$, $5H^2O$ indiqué par Debray, mais à un carbonate plus basique contenant encore de l'ammoniaque ;

2° Qu'il est extrêmement difficile de faire perdre tout l'ammoniac à ce dernier par lavages à l'eau chargée de CO^2 ;

3° Qu'à la pression ordinaire, en présence d'acide sulfurique ce carbonate basique perd lentement un peu d'eau ;

4° Qu'enfin à la longue (20 ans) à la température ordinaire ce carbonate perd relativement peu d'eau, mais voit sa teneur en ammoniaque baisser légèrement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un dérivé scopinium : réduction en ψ-scopine et dégradation en aldéhyde m-oxybenzoïque.* Note de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

On admet, depuis les travaux de King, Hess, Gadamer et Willstätter, que la scopolamine est l'éther *l*-tropique d'une base inactive à la lumière polarisée et indédoublable, la scopine, qui, isolée par saponification de l'alcaloïde, s'isomérise très rapidement en scopoline, suivant le schéma

```
                                        ┌──────────────────────────O
   CH ──── CH ──── CH²                  CH ──── CH ──── CH²  │
  /         |       |                   |        |       |   │
O<         NCH³    CHOH      →          |       NCH³    CH───┘
  \         |       |                   |        |       |
   CH ──── CH ──── CH²              HOCH ──── CH ──── CH²
       Scopine.                              Scopoline.
```

Les nouveaux dérivés de la scopolamine que nous décrivons dans cette Note sont de nature à jeter quelque lumière sur la constitution même de ces noyaux et sur leurs transpositions.

Nous avons en effet isolé, au cours de notre étude de l'action de H^2O^2 sur la scopolamine, un sel d'une base quaternaire, de structure assez particulière, car elle comprend, à la place d'un des quatre groupements alcoylés ordinairement liés à l'azote pentavalent, un radical éther — O — R. Ce composé, qui est un sel *scopinium*, résulte de la transposition de la copule tropique de l'alcool secondaire à l'azote basique de la scopine.

Alors que dans les hydrates d'aminoxydes, les deux OH liés à l'azote se neutralisent mutuellement, dans le cas particulier de la scopine, le voisinage d'un oyhydryle alcoolique, vraisemblablement en position *cis* par rapport à l'oxhydryle acide de l'aminoxyde, provoque l'éthérification interne de ces deux groupements et, de ce chef, le second OH de l'aminoxyde devient très basique et fixe l'acide tropique libéré.

```
CH————————CH————————CH²                    CH————————CH—————————CH²
 /|         |          |                     /|        | /CH³       |
O<|   H³C————N</OH     CH     —H²O→         O< |        N<—O————————CH
 \|          \OH      /|                     \|   .    | \OCOC⁸H⁹O  |
CH————————CH————OH⁹C⁸OCO CH²                 CH————————CH—————————CH³
```

Éther tropique de l'hydrate de N-oxyde de scopine. Tropate de scopinium.

```
                 CH————CH————CH²
                /|     |     |
  +H²→         O<|    NCH³  HOCH
                \|     |     |
                 CH————CH————CH²
```

ψ-scopine.

Le *bromure de scopinium*, obtenu par le déplacement de l'acide tropique à l'aide de HBr, cristallise de ses solutions alcooliques sous forme de beaux cristaux blancs, très solubles dans l'eau, fondant à 209°-210°, neutres au tournesol, et répondant à la formule $C^8H^{12}O^2NBr$ ($N = 5,89$ pour 100 $Br = 34,11$ pour 100; calculé $N = 5,98$ pour 100, $Br = 34,14$ pour 100). Le nitrate de scopinium fond à 203°. La base quaternaire elle-même est peu stable.

Le bromure de scopinium n'est pas réduit par SO^2, mais, traité par Zn et HCl, il fixe exactement une molécule de H^2 et se transforme en bromhydrate d'une nouvelle base tertiaire, stéréoisomère géométrique de la scopine de Willstätter, dont elle diffère par toutes ses propriétés physiques et que nous appelons ψ-scopine.

La ψ-scopine, $C^8H^{13}O^2N$, est une base forte, peu soluble dans l'éther, fondant à 126°. Tous ses sels sont bien cristallisés : chlorhydrate F. 257°-258° ($Cl = 18,6$ pour 100, calculé 18,5 pour 100); picrate jaune F. 229°; chloroplatinate F. 223°; chloraurate F. 237°-238°.

La ψ-scopine donne avec l'anhydride acétique un dérivé *o*-acétylé huileux, dont nous avons préparé à l'état cristallisé le picrate (F. 187°) et le chloraurate (F. 203°).

Traitée par CH^3I en solution méthylique, la ψ-scopine conduit à un iodométhylate (F. 249°). Dégradé par la méthode de Hofmann cet iodométhylate régénère en partie

la ψ-scopine et fournit un mélange d'huiles volatiles basiques dont nous poursuivons l'étude.

La ψ-scopine donne un N-oxyde $C^8H^{13}O^3N\,3H^2O$ (F. 177°), dont le bromhydrate est acide au tournesol et fond à 188°. Par SO^2 l'aminoxyde régénère la ψ-scopine.

Un essai de dédoublement de la ψ-scopine par cristallisation fractionnée de son *d*-tartrate (F. 181°) a donné un résultat négatif, ce qui cadre avec sa structure symétrique.

Dégradation du scopinium. — Lorsqu'on traite le bromure de scopinium par une quantité équimoléculaire d'oxyde d'argent humide fraîchement précipité, on obtient, après filtration de AgBr, une solution incolore, très alcaline, qui se décompose aussitôt à la chaleur. On observe un abondant dégagement de CH^3NH^2 et la formation, à côté de notables quantités de ψ-scopine, de dérivés à caractère phénolique et aldéhydique, parmi lesquels on isole facilement un composé soluble dans l'éther et dans les alcalis dilués, insoluble dans les carbonates.

Ce dérivé, fondant à 109°, de formule $C^7H^6O^2$ ($C = 69,15$ pour 100, $H = 5,45$ pour 100; calculé $C = 68,85$ pour 100, $H = 4,92$ pour 100, possède une odeur piquante, rappelant les phénols-aldéhydes; il est très volatil, décolore instantanément à froid le permanganate et réduit le NO^3Ag ammoniacal. Il donne une semicarbazone (F. 199°) et n'est autre que l'aldéhyde *m*-oxybenzoïque. Traité à l'ébullition par une lessive alcaline concentrée il se transforme, par moitié environ, en un corps neutre, insoluble dans les alcalis, l'alcool *m*-oxybenzylique, et en acide *m*-oxybenzoïque $C^7H^6O^3$ (F. 200°).

On obtient le même acide quantitativement, à froid, en traitant l'aldéhyde par le nitrate d'argent ammoniacal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des huiles d'animaux marins. Recherches sur les alcools aliphatiques non saturés de l'huile de spermaceti.* Note de M. **Émile André** et Mlle **M.-Th. François**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une précédente Note (¹), nous avons consigné les premiers résultats de nos recherches sur les alcools aliphatiques saturés provenant de la saponification de l'huile de spermaceti, et nous avons reconnu qu'ils sont constitués par un mélange d'alcool tétradécylique, hexadécylique (éthal)

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 663.

et octodécylique. Ces divers composés, qui sont solides à la température ordinaire, sont associés dans l'huile de spermaceti à d'autres alcools de la même série, non saturés et liquides. On peut facilement les en séparer en faisant cristalliser à très basse température (— 18, — 20°), la solution acétonique des matières insaponifiables totales retirées de l'huile.

En 1921, Tsujimoto (¹) étudia le premier ces alcools liquides et en retira l'alcool oléylique $C^{18}H^{36}O$, qui avait déjà été obtenu par Bouveault et Blanc (²) en réduisant l'oléate d'éthyle par le sodium et l'alcool absolu. En vue d'étudier ce composé encore peu connu, nous en avons préparé une quantité assez importante à partir de l'huile de spermaceti.

Le mélange des alcools liquides a été d'abord transformé en éthers acétiques puis distillé sous pression très réduite. Le produit brut passe à 190-250° sous 3^{mm}. Les fractions de tête contiennent une certaine proportion d'acétate d'hexadécyle, incomplètement séparé par refroidissement. La fraction principale distille à 200-203° sous 3^{mm}, elle est constituée par de l'acétate d'oléyle presque pur, possédant un indice d'iode et un indice de saponification très voisins de la valeur théorique. Dans les fractions de queue, nous avons reconnu la présence d'un alcool plus fortement non saturé et de poids moléculaire plus élevé que l'alcool oléylique. Il fournit avec le brome un dérivé d'addition qui, après purification par cristallisation dans l'éther de pétrole, fond à 242° (bloc Maquenne). Sa teneur en brome conduit à lui attribuer la formule $C^{22}H^{42}OBr^{4}$. L'alcool correspondant est donc deux fois éthylénique; nous en poursuivons l'étude. Son existence, pas plus que celle d'aucun alcool de ce groupe, n'avait jamais été signalée.

L'étude de l'alcool oléylique comporte la préparation de dérivés de la fonction alcool et celle de dérivés de la fonction éthylène. Nous indiquerons d'abord les caractères de quelques-uns des premiers que nous avons obtenus à l'état cristallisé : phényluréthane, β-naphtyluréthane et allophanate de l'alcool oléylique, phényluréthane et β-naphtyluréthane de son stéréoisomère, l'alcool élaïdylique. A l'exception de la phényluréthane de l'alcool oléylique, ces différents composés n'avaient pas encore été décrits.

L'oléylphényluréthane, très soluble dans les dissolvants organiques usuels, avait un point de fusion peu net. Il n'a pas été possible de la purifier. Déjà Bouveault et Blanc avaient fait la même observation avec la

(¹) *J. Chem. Ind. Japan*, **24**, n° 275, d'après *Chemische Umschau*, **28**, 1921, p. 71.
(²) *Bull. Soc. chim.*, **31**, 1904, p. 1210.

phénényluréthane de l'alcool oléylique provenant de la réduction de l'oléate d'éthyle.

Nous avons été plus heureux avec la β-naphtyluréthane, facilement obtenue pure après quelques cristallisations dans l'alcool. C'est un produit bien cristallisé qui fond à 44-45°.

La préparation de l'allophanate d'oléyle nous a fourni un corps solide d'apparence cornée peu soluble dans les solvants organiques. Par des cristallisations répétées dans le chloroforme nous l'avons scindé en deux produits possédant la même teneur en azote; l'un fondant à 135°, l'autre à 129°. Le corps fondant à 135°, qui était le plus abondant, n'a pas fourni, par saponification, l'alcool oléylique pur mais un produit qui paraît être un mélange d'alcool oléylique avec l'alcool élaïdylique.

Nous avons tenté de préparer ce dernier alcool en faisant agir les vapeurs nitreuses sur l'alcool oléylique. L'élaïdisation est très incomplète et la séparation des deux isomères présente de très grandes difficultés. Nous avons dû nous résoudre, comme l'avait fait Toyama [1], à réduire l'élaïdate d'éthyle par l'action du sodium et de l'alcool absolu.

L'acide élaïdique, que nous avons préparé et soigneusement purifié, fondait à 44°, comme l'indiquent un grand nombre d'auteurs, mais son indice d'iode était inférieur à la valeur calculée d'après sa constitution; il était de 75, atteignant seulement les $\frac{5}{6}$ du chiffre théorique (90). A notre connaissance, cette aptitude restreinte de la forme élaïdique à fixer le chlorure ou le bromure d'iode n'est indiquée nulle part encore. L'alcool élaïdylique en lequel l'élaïdate d'éthyle a été transformé par réduction, participait du même caractère et avait un indice d'iode de 77 au lieu de la valeur prévue de 94. Il fondait à 36-37°. Sa phényluréthane s'obtient facilement et fond nettement à 55-56°; sa β-naphtyluréthane fond à 71°. Ces deux dérivés caractérisent nettement l'alcool élaïdylique.

En résumé, les alcools aliphatiques non saturés de l'huile de spermaceti sont constitués par un mélange d'au moins deux alcools dans lequel l'alcool oléylique domine; l'autre alcool est deux fois éthylénique et de condensation plus élevée.

Les dérivés de la fonction alcool de l'alcool oléylique sont difficiles à obtenir purs parce que ce composé subit une isomérisation partielle au cours des manipulations. L'alcool élaïdylique est plus stable, la préparation de ses dérivés présente beaucoup moins de difficultés.

---

(1) *Chemische Umschau*, **31**, 1924, p. 13.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organo-magnésiens sur les amides primaires α trisubstituées.* Note [1] de Mme **Ramart**, Mlle **Laclôtre** et M. **Anagnostopoulos**, présentée par M. Moureu.

On sait que les acétamides primaires mono- ou disubstituées traitées par des dérivés organo-magnésiens, ou bien ne réagissent pas ou bien conduisent à des cétones. La réaction peut être représentée de la façon suivante :

$$\begin{matrix}R \\ R\end{matrix}\!>\!CH-C\!\begin{matrix}\nearrow O \\ -NH^2\end{matrix} + R'.Mg.X \rightarrow \begin{matrix}R \\ R\end{matrix}\!>\!CH.C\!\begin{matrix}\nearrow OMgX \\ -NHMgX \\ \searrow R'\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}R \\ R\end{matrix}\!>\!CH.COR' + NH^3$$

R représentant soit un atome d'hydrogène soit un radical gras ou aromatique.

A notre connaissance aucun essai de ce genre n'avait été fait sur les amides entièrement substituées en α.

Afin d'obtenir des acétophénones trisubstituées devant servir de matières premières pour les études que l'un de nous poursuit sur les transpositions moléculaires, nous avons condensé $C^6.H^5.MgBr$ avec un certain nombre d'amides de formules générales :

$$\underset{(I)}{\begin{matrix}R \\ R' \\ R''\end{matrix}\!>\!C.CONH^2}, \qquad \underset{(II)}{\begin{matrix}C^6.H^5 \\ R \\ R'\end{matrix}\!>\!C.CONH^2}, \qquad \underset{(III)}{\begin{matrix}C^6.H^5 \\ C^6.H^5 \\ R\end{matrix}\!>\!C.CONH^2},$$

R, R', R'' représentant des radicaux gras.

Nous avons effectué la même réaction sur certaines amides aromatiques telles que la diméthylcampholamide et la fencholamide.

Nous avons eu la surprise de constater que dans la plupart des cas le produit principal de la réaction est constitué par le nitrile correspondant à l'amide. Pour deux des amides étudiées, il se forme surtout de la cétone (produit normal de la réaction), mais la présence du nitrile s'est manifestée d'une façon constante. Avec les amides de formules (II) et (III), nous n'avons pu isoler de cétone.

Nous avons vérifié que la formation du nitrile ne provient pas d'une déshydratation de l'amide sous l'influence de la chaleur dans les conditions de l'expérience. Nous avons également vérifié que lorsque l'amide conduit

---

[1] Séance du 18 juillet 1927.

seulement au nitrile, aucune réaction ne se fait si, au lieu de l'amide primaire, on prend l'amide N substituée correspondante.

Avec le magnésien $C^2.H^5.MgBr$ et la phényldiéthylacétamide (l'un des cas où la transformation en nitrile est totale), il se dégage une quantité d'éthane qui correspond à deux molécules de ce carbure pour une molécule d'amide. Ce dégagement gazeux se fait à froid en solution éthérée.

Une série d'observations, qu'il serait trop long d'exposer ici, nous conduisent à admettre que tout se passe comme si le groupement $-CONH^2$ réagissait sous sa forme tautomère : $-C\begin{smallmatrix}\diagup OH \\ \diagdown\!\!\diagdown NH\end{smallmatrix}$.

La réaction peut alors être représentée par le schéma :

$$R-C\begin{smallmatrix}\diagup OH \\ \diagdown\!\!\diagdown NH\end{smallmatrix} + 2R'MgX \rightarrow 2R'H + R-C\begin{smallmatrix}\diagup OMgX \\ \diagdown\!\!\diagdown NMgX\end{smallmatrix} \rightarrow R.CN + MgO + MgX^2.$$

L'expérience a été ainsi faite :

L'amide, dissoute dans du toluène, a été introduite peu à peu dans la solution éthérée du magnésien (trois molécules de magnésien pour une molécule d'amide). La réaction est violente; quand elle est calmée, on chasse l'éther et l'on chauffe le résidu pendant plusieurs heures au bain de sable. On soumet ensuite le mélange au traitement ordinaire.

Les produits de la réaction ont été identifiés de la façon suivante : les nitriles ont été transformés en amides et ces dernières identifiées avec celles qui avaient été traitées par les magnésiens. La constitution des cétones a été déterminée au moyen de leurs oximes.

Les amides étudiées ont été les suivantes :

La *diméthylcampholamide*, la *fencholamide*, la *diphénylbenzylacétamide*, la *phényldiéthylacétamide*, la *phénylméthyléthylacétamide*, la *benzyldiméthylacétamide*, la *diméthyléthylacétamide*, la *triméthylacétamide*.

Avec les cinq premières amides il ne se forme que du nitrile; la benzyldiméthylacétamide a donné avec C^6H^5MgBr un mélange de benzyldiméthylacétophénone et de diméthylbenzylacétonitrile, et avec C^2H^5MgBr seulement du nitrile. Enfin, avec les deux dernières amides, il s'est surtout formé de la cétone à côté d'un peu de nitrile.

En résumé, alors que les acétamides mono ou disubstituées donnent des cétones quand on les condense avec les dérivés organo-magnésiens, les acétamides trisubstituées perdent en général une molécule d'eau sous l'influence de ces mêmes complexes et sont ainsi transformées en nitriles. L'introduction d'un troisième radical en α vis-à-vis de la fonction amide change donc le sens de la réaction dans la plupart des cas étudiés.

Les trialcoylacétamides donnent partiellement la réaction normale. Pour ces amides, la quantité de nitrile formé augmente avec le poids moléculaire et varie avec la nature du magnésien.

Cette action déshydratante des magnésiens sur les amides peut s'expliquer en supposant que l'amide réagit non pas comme à l'ordinaire sous la forme — $CONH^2$, mais sous la forme tautomère — $C\begin{smallmatrix}\diagup OH\\ \diagdown NH\end{smallmatrix}$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La solubilité de la 1-phényl-2.3-diméthyl-4-diméthylamino-5-pyrazolone dans l'eau.* Note [1] de M. **Raymond Charonnat**, présentée par M. A. Béhal.

On a peu de renseignements sur la solubilité dans l'eau de la 1-phényl-2.3-diméthyl-4-diméthylamino-5-pyrazolone qui est employée comme médicament sous le nom de pyramidon; les nombres que donnent les diverses pharmacopées pour la solubilité à la température ordinaire sont assez discordants et en général inexacts. La courbe de solubilité du pyramidon dans l'eau apparaît tout de suite curieuse : une solution d'une partie de pyramidon dans 9 parties d'eau, qui est saturée vers 60°, chauffée en ampoule scellée, se trouble vers 100°, redevient limpide vers 130°, et aux mêmes températures, le refroidissement ramène les phénomènes inverses; elle ne dépose de cristaux qu'au-dessous de 60°; cette solution est donc saturée à trois températures différentes; avec une concentration un peu moindre (1 : 10), il n'y a plus qu'un point de saturation. Si l'on chauffe progressivement un mélange à parties égales, on n'obtient pas de solution complète, mais un liquide trouble, qui, par un refroidissement brusque, devient homogène et peut le rester jusqu'à 0°, mais cette solution laisse déposer plus ou moins vite le pyramidon primitif avec un grand dégagement de chaleur.

Voici le diagramme du système eau-pyramidon :

Le pyramidon employé a été contrôlé par son P. F. 108° et son analyse élémentaire; les températures ont été repérées à l'aide d'un thermomètre Baudin.

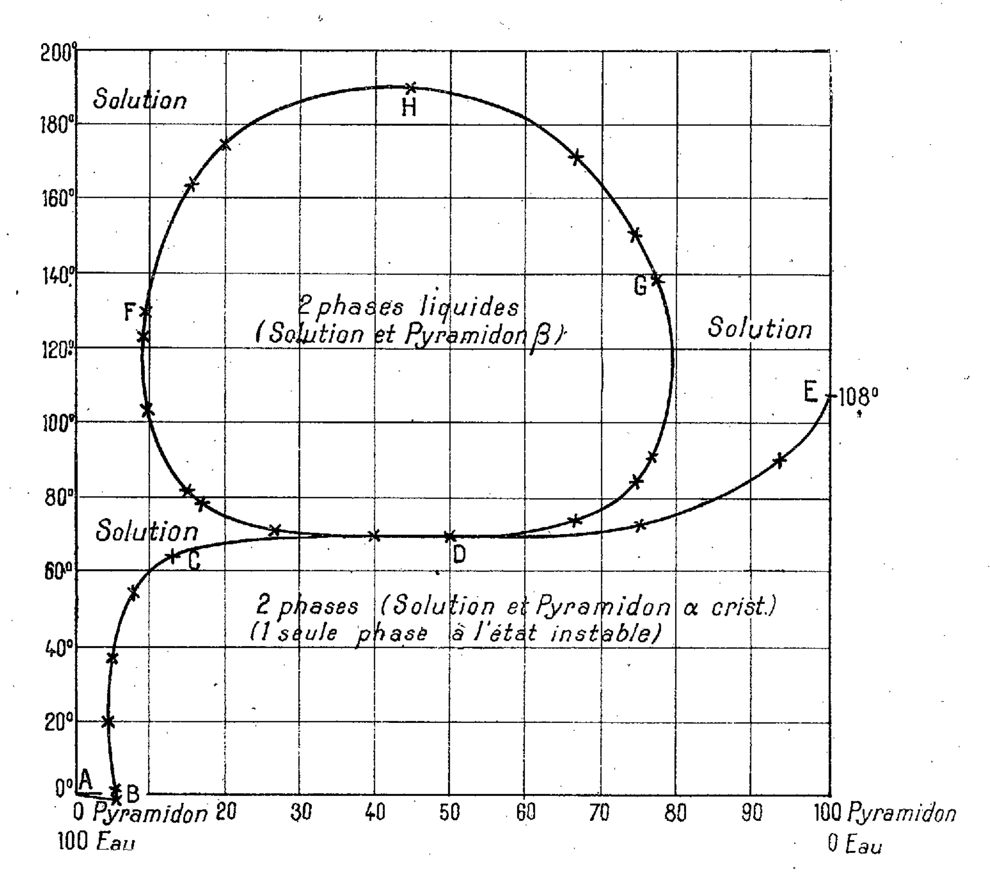
Pour placer les points de la courbe BC, j'ai déterminé les solubilités du pyramidon à différentes températures : les solubilités adoptées sont les moyennes entre les concentrations d'une solution qui, saturée à T + 20° environ, se désature à T° et d'une solution qui se sature à T°, toutes deux en présence d'un excès de cristaux, les deux expériences étant poursuivies assez longtemps pour conduire à deux nombres voisins.

---

(1) Séance du 11 juillet 1927.

T°	0°.	20°.	37°.	55°.	65°.
Pyramidon (¹)	6,54	5,3	5,3	7,9	13,04

Courbe DFHG. — Des mélanges de pyramidon et d'eau sont préparés par pesée, enfermés dans des ampoules scellées, étroites, accolées à un thermomètre et chauffées dans un grand bain liquide (eau, glycérine ou mercure) jusqu'à formation d'un liquide homogène. Les arcs DF et DG ont été construits avec les températures d'apparition du trouble à l'échauffement lent; le phénomène est réversible et le point peut être déterminé de façon plus précise qu'un point de fusion. Pour la courbe FHG les observa-



tions sont moins exactes, parce qu'à ces températures élevées l'influence de la pression de la vapeur n'est plus négligeable et surtout parce qu'intervient une hydrolyse du pyramidon qui se transforme assez vite en un produit jaune très soluble; les températures où le mélange des deux liquides redevient homogène ont été déterminées par

(¹) Pour 100 de solution saturée.

approximations successives, la durée de chauffe étant finalement réduite à quelques minutes.

Pyramidon.	9,34.	9,38.	10.	15.	20.	27.	40.	45.	50.	66,6.	75.	77,7.	80.
T_1....	pas	123°	104°	81°	77°,5	70°,5	70°	»	69°,5	74°,4	84°	92°	pas
T_2....	pas	123°	129°	166°	175°	»	»	190°	188°	175°	152°	138°	pas

Courbe DE. — Les mélanges de pyramidon et d'eau amenés d'abord à l'état de phase homogène sont refroidis brusquement jusqu'à l'apparition de quelque germes; j'ai cherché la température du bain dans lequel il faut plonger aussitôt l'ampoule pour que les germes ne disparaissent pas et ne s'accroissent pas.

Pyramidon (pour 100 de solution saturée)....	50.	75.	94.
T°..................................	69°,5	74°	90°

Ce diagramme montre l'existence d'une seconde forme de pyramidon (¹) qui présente avec l'eau une solubilité réciproque, avec deux températures critiques, un maximum et un minimum de solubilité; l'alcool butylique secondaire est le seul exemple connu du même phénomène (²); la courbe de solubilité du pyramidon est plus compliquée à cause du dimorphisme. La transformation en pyramidon β explique l'accroissement considérable de solubilité que le pyramidon ordinaire ou α subit entre 65 et 70°. Je n'ai pas réussi à isoler à l'état d'espèce pure le pyramidon β; son étude sera poursuivie par d'autres méthodes physiques.

MINÉRALOGIE. — *Sur les conditions de gisement de l'axinite du mont Avala (Serbie).* Note de M. Branco Dimitrievitch.

La présence de l'axinite à Avala a été signalée déjà par M. Zujovič, mais comme le mode de gisement de ce minéral n'était pas connu, je me suis proposé de le rechercher.

Le mont Avala (511^{m}), se trouvant à une vingtaine de kilomètres au sud de Belgrade, est constitué par une série sédimentaire (calcaires, marnes, grès), et un massif de serpentine. En l'absence de fossiles, ce n'est que par analogie avec les sédiments environnants qu'on peut attribuer cette série au Crétacé inférieur.

Toute cette série, et une partie de la serpentine, sont traversées par des filons de roches porphyriques qui les ont modifiées. On peut y rattacher la présence de minerais

(¹) Le polymorphisme de l'antipyrine, dont le pyramidon est un dérivé, a déjà été constaté par M. Gaubert (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1414).

(²) W. Dolgolenko, *J. Soc. ch. ph. russe*, 39, 1907, p. 841.

très abondants et exploités depuis longtemps. Ces filons éruptifs sont disséminés dans toutes les directions et varient de puissance et de forme. Les roches qui les constituent ont été décrites par M. Zujoviè sous le nom de propylites (andésites, dacites, trachytes et rhyolites altérées). Les bords occidentaux et méridionaux de la montagne sont surtout riches en intrusions lamprophyriques.

L'axinite se trouve au contact de quelques-uns des filons et des couches crétacées.

Un premier gisement est visible dans une carrière (Maïdan) sur le versant occidental. La roche est une rhyolite très altérée, des phénocristaux d'orthose, de plagioclases et de quartz bipyramidé corrodé sont distribués au milieu de microlites feldspathiques (probablement orthose) et de quartz pœcilitique. Les produits d'altération sont : muscovite (damourite), chlorite, limonite. L'épidote et l'allanite sont présentes aussi. Au contact on voit apparaître les minerais (pyrite, chalcopyrite, galène, blende, pyrrhotine). Les marnes sont devenues compactes, résistantes; elles sont traversées par des rubans parallèles d'un jaune verdâtre, constitués par de l'épidote. Dans le voisinage, j'ai trouvé dans un éboulis une marne renfermant de beaux cristaux de grenat. C'est à la fois dans la rhyolite et dans la zone métamorphisée que se développe l'axinite, associée à l'épidote et aux minerais cités plus haut. Elle forme des filonnets et des lits irréguliers, constitués par des cristaux intimement entre-croisés, faciles à reconnaître grâce à leur couleur violette. En dehors de la zone immédiate de contact, l'axinite est disséminée dans la roche éruptive sous forme de petites taches compactes.

Sur la crête de la montagne, l'axinite est associée à une roche mésocrate, dépourvue de quartz et constituée par des feldspaths altérés, de la biotite, des pyroxènes ouralitisés. L'épidote est présente aussi. D'après sa composition minéralogique et sa structure, il semble que ce soit une andésite amphibolique à facies lamprophyrique. Les cristaux d'axinite forment de petits nids dans la roche elle-même ou constituent des filonnets à son contact.

Enfin, le plus riche des gisements d'axinite peut être vu sur le côté oriental du mont Avala dans la partie inférieure du ravin Vranovac, descendant de la crête et creusé dans les marnes, les grès et la serpentine. Ce ravin est coupé par plusieurs filons dont l'un, situé dans la partie inférieure, m'a fourni une roche assez fraîche pour pouvoir être analysée. Les phénocristaux sont : l'orthose, un peu damouritisé, les plagioclases zonés, les pyroxènes ouralitisés, la biotite et le quartz corrodé. La pâte feldspathique et quartzique est microgrenue. L'analyse chimique donne les paramètres : I (II). 4'. 2 (3). 3, de sorte qu'on peut la rattacher aux microgranites monzonitiques; les plagioclases renferment 33 pour 100 d'anorthite.

L'axinite de Vranovac constitue à elle seule des filonnets au milieu des marnes modifiées. Ils ont plusieurs mètres de longueur et quelques centimètres de largeur. L'axinite constitue aussi de petits amas où elle est associée à l'épidote et à la calcite. J'ai observé des cristaux distincts dans des druses contenant en outre : pyrite, calcite et quartz recouverts par l'épidote. La présence d'axinite, associée à la pyrite et à la galène dans un grès alternant avec les marnes, est moins fréquente. On remarque au microscope que ce grès renferme de la tourmaline.

Les cristaux d'axinite d'Avala sont généralement petits (6^{mm} au plus). Ils sont d'une couleur violette plus ou moins foncée; quelquefois transparents. Le type commun, aplati suivant $p(001)$ est strié parallèlement à l'arête $p(001)$ $m(1\bar{1}0)$, et présente les faces : $p(001)$, $m(1\bar{1}0)$, $t(110)$, $g^1(010)$, $h^1(100)$, $i^1(011)$, $\gamma(\bar{1}32)$, $c^1(\bar{1}12)$.

L'axinite est un minéral peu fréquent, toujours d'origine pneumatolytique, formé au contact des calcaires et des roches éruptives, mais elle a été rencontrée aussi dans des schistes et dans des diabases. L'un des gisements des plus remarquables est celui des Pyrénées, observé par M. A. Lacroix au contact des calcaires dévoniens et des granites. L'axinite y est parfois si abondante qu'elle constitue une véritable roche appelée *limurite*. Elle peut être comparée à *certains* de nos échantillons.

Le gisement d'Avala ne présente cependant pas une aussi grande importance comme masse. Il peut être comparé plus exactement à un gisement signalé jadis par Daubrée dans les Vosges, où l'axinite a été trouvée au contact d'une porphyrite et du calcaire dévonien.

Ce qui fait l'intérêt des observations consignées dans cette Note, c'est la production de ce minéral au contact d'une roche, filonienne il est vrai, mais formée au voisinage de la surface dans des conditions presque volcaniques. Il est en outre intéressant de noter l'association presque constante de minerais sulfurés à l'axinite, ce qui permet d'attribuer aussi à ceux-ci une origine pneumatolytique, en relation avec le magma éruptif.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude du mica muscovite au moyen des rayons X.* Note de M. **Ch. Mauguin**.

La *muscovite* ou mica blanc commun a la composition $Si^3Al^3KH^2O^{12}$. Déduire des diagrammes de diffraction des rayons X l'arrangement cristallin des 21 atomes de cette formule est un problème difficile. Je me suis proposé le but plus modeste de déterminer le groupe de Fedorow-Schœnflies auquel appartient le cristal et la grandeur de l'élément à soumettre aux opérations du groupe pour constituer l'édifice. J'ai utilisé à cet effet les

diagrammes provenant de la diffraction de K_α du cuivre ($\lambda = 1,538$ Å) par une lamelle de mica (épaisseur $0^{mm},02$) que j'ai fait tourner successivement autour des rangées 100, 010, 102, 001 du réseau cristallin défini ci-après, l'axe de rotation étant en même temps l'axe d'une chambre photographique cylindrique de 240^{mm} de circonférence. L'analyse des diagrammes est grandement facilitée par le procédé graphique dont j'ai donné le principe dans le *Bulletin de la Société française de Minéralogie* (48, 1926, p. 5).

1. *Réseau-diagramme.* — La méthode fournit ce que j'appellerai un *réseau-diagramme* qui n'est autre que le réseau polaire du cristal à chaque nœud *pqr* duquel on suppose attaché un symbole représentatif de l'intensité de la tache de diffraction *pqr* (on ne conserve le nœud *pqr* que si la tache *pqr* existe effectivement), et pour lequel on adopte une échelle telle que 10^{cm} y représentent la longueur réciproque d'un intervalle du réseau primitif égal à λ, longueur d'onde employée.

Dans le cas actuel, ce réseau-diagramme a pour maille un prisme monoclinique à base rhombe :

diagonales de base $2\vec{A} = 59^{mm},8$; $2\vec{B} = 34^{mm},4$; arête latérale $\vec{C} = 7^{mm},73$; $\vec{C}$ est normale au plan de clivage; $(\vec{A}, \vec{C}) = 84°$.

Parmi les particularités du réseau-diagramme je ne retiendrai que la suivante, essentielle : absence systématique des nœuds $p\,0\,r$ pour lesquels la troisième caractéristique est impaire; l'intervalle des nœuds qui est normalement de $7^{mm},73$ sur les rangées parallèles à $\vec{C}$ est de $15^{mm},5$ sur celles de ces rangées qui sont contenues dans le plan $Y = 0$ (plan de symétrie du réseau-diagramme).

2. *Édifice cristallin.* — La maille du réseau cristallin, réciproque du réseau-diagramme expérimental, est aussi un prisme monoclinique à base rhombe :

diagonales de base $\vec{a} = 5,17$ Å; $b = 8,94$ Å; arête latérale $\vec{c} = 20,0$ Å; la base est parallèle au plan de clivage; $(\vec{a}, \vec{c}) = 96°$.

Pour noter les faces dans le système de Miller, on prendra comme d'habitude la maille double ayant pour base le *rectangle centré* de côtés $\vec{a}$, $\vec{b}$. C'est la maille admise par Tschermak dans son *Traité de Minéralogie* (1re édition, 1884, p. 504); c'est aussi celle adoptée par M. G. Friedel dans ses *Leçons de Cristallographie* (1926, p. 531) avec cette différence toutefois que ce savant centre encore les faces latérales du prisme; ceci n'est pas conforme aux résultats de notre analyse.

L'absence des taches $p\,0\,r$ pour lesquelles r est impair permet d'affirmer que

le cristal n'a pas de plan de symétrie vrai, mais un *plan de symétrie translatoire* ; l'assemblage est ramené en coïncidence avec lui-même par un mirage suivant g^1 (010) accompagné de la translation $\frac{1}{2}\vec{c}$.

La masse de matière contenue dans la maille est double de

$$M = Si^3 Al^3 KH^2 O^{12}.$$

L'élément qui engendre l'édifice par sa répétition indéfinie est donc M lui-même, qu'on devra soumettre aux translations du réseau $\left(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}\right)$ puis au mirage translatoire.

3. Si l'on combine ces résultats fournis par la seule étude aux rayons X avec les données expérimentales d'autre origine, on peut énoncer les propositions suivantes :

La muscovite est un empilement de feuillets de 9,95 Å d'épaisseur $\left(\frac{1}{2}\right.$ hauteur de la maille$\left.\right)$ qui peuvent être séparés les uns des autres par l'opération du clivage. René Marcelin a montré (¹) que cette opération pouvait n'intéresser qu'un feuillet individuel. La matière a même orientation dans les feuillets de rang impair qui se déduisent les uns des autres par la translation $\vec{c}$; elle a une orientation différente dans les feuillets pairs qui proviennent des précédents par mirage suivant g^1 combiné à la translation $\frac{1}{2}\vec{c}$.

Un feuillet est formé des particules M réparties suivant un système de losanges de 120° ou ce qui revient au même de triangles équilatéraux de côté $a = 5{,}17$ Å. Les rangées parallèles aux côtés des triangles ($1\bar{1}0$, 100, 110) sont celles qu'on met en évidence dans les figures de choc. Les rangées $1\bar{1}0$ et 110 d'un même feuillet dont les directions sont symétriques par rapport à g^1 sont physiquement différentes. Les rangées $1\bar{1}0$, 110 d'un feuillet impair sont respectivement équivalentes aux rangées 110, $1\bar{1}0$ d'un feuillet pair. On observe (²) par exemple que l'axe optique de l'azoxyanisol fondu sur le mica s'oriente perpendiculairement à 110 sur les feuillets d'une parité, perpendiculairement à $1\bar{1}0$ sur les feuillets d'autre parité. M. Royer a trouvé une particularité du même ordre dans l'orientation des cristaux NH^4I sur le mica (d'après G. Friedel, *loc. cit.*, p. 534).

(¹) René Marcelin, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 10, 1918, p. 189.

(²) Ch. Mauguin, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1246. — Grandjean, *Bull. Soc. fr. Min.*, 39, 1916, p. 204.

L'existence de plans de symétrie avec glissement a été prévue par M. G. Friedel (*loc. cit.*) qui l'a invoquée pour expliquer les particularités de l'orientation de l'iodure d'ammonium ou de l'azoxyanisol rappelées plus haut. Il convient toutefois de remarquer qu'elle ne s'imposait pas avec la même force qu'ici, car on aurait pu rendre compte de ces particularités par la présence d'axes binaires entre les feuillets consécutifs (hémiédrie holoaxe).

PÉTROGRAPHIE. — *De la différence et de la ressemblance des schistes cristallins des deux versants de la vallée de Chamonix (massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges).* Note de MM. **P. Corbin** et **N. Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

Ce problème a été abordé par plusieurs auteurs, tout particulièrement par A.-Michel Lévy, par L. Duparc et L. Mrazec et, récemment encore, par L.-W. Collet. Tous ces auteurs parlent de la grande différence qui existerait entre les schistes cristallins des deux massifs. En résumé, d'après ces auteurs, cette différence se manifesterait par le manque, dans la série du Mont-Blanc, des schistes à mica noir qui, par contre, abonderaient dans les Aiguilles Rouges; elle se manifesterait aussi par une distribution inégale des micaschistes, « qui caractérisent les schistes cristallins du Mont-Blanc et font généralement défaut dans les Aiguilles Rouges » (L.-W. Collet).

Au cours de nos études sur le terrain, suivies de l'établissement d'une carte géologique détaillée au $\frac{1}{20000}$, nous avons examiné en détail plusieurs centaines de coupes minces des roches des deux massifs cristallins. Voici les résultats de cet examen.

Il y a bien une différence entre les schistes cristallins des deux versants de la vallée de Chamonix; mais elle ne fait que révéler l'effet du dynamométamorphisme; celui-ci est incomparablement plus manifeste dans les schistes du versant gauche de la vallée (schistes du Mont-Blanc proprement dit); tandis que les schistes du versant droit (des Aiguilles Rouges) sont beaucoup moins atteints par lui. Les feldspaths dans les roches du versant gauche de la vallée sont souvent séricitisés, la biotite chloritisée, le quartz écrasé et recristallisé comme d'habitude en mosaïque. Tous ces phénomènes sont moins répandus dans les schistes des Aiguilles Rouges, en raison des rôles différents joués par les deux massifs cristallins actuels pendant le plissement alpin, au cours duquel le massif des Aiguilles Rouges est resté

peu actif, tandis que celui du Mont-Blanc a été poussé par le mouvement orogénique sur celui des Aiguilles Rouges. Pendant ce mouvement les roches du Mont-Blanc, surtout les schistes, se brisaient en coins multiples qui s'écrasaient les uns contre les autres.

Néanmoins il persiste dans les schistes cristallins du Mont-Blanc de nombreuses zones qui ont peu ou pas du tout souffert du dynamométamorphisme et d'autres zones encore dans lesquelles l'effet du dynamométamorphisme ne se manifeste que faiblement, les feldspaths, malgré la séricitisation, restant reconnaissables et la biotite n'étant que légèrement atteinte par la chloritisation.

La comparaison des schistes cristallins du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges, abstraction faite des effets du dynamométamorphisme, montre que, dans les deux massifs, sur les deux versants de la vallée de Chamonix, se trouvent des roches parfaitement semblables. Voici quelques-uns des types les plus répandus *dans les deux massifs :* gneiss à feldspaths alcalins et à biotite, micaschistes graphiteux, filons de microgranite porphyrique, gneiss à grenat et à biotite, amphibolites, amphibolites grenatifères, cornéennes calcaires, calcaires marmorisés anciens, filons de pegmatite tourmalinifère, cornes à biotite, gneiss plagioclasique à biotite, micaschiste à biotite. Enfin la proportion réciproque de ces roches, ainsi que leur distribution en zones et les associations de ces zones dans les deux massifs sont tout à fait identiques.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur une variation du magnétisme terrestre.* Note de M. **Jean-G. Popesco**, transmise par M. A. Cotton.

On sait que la pointe nord d'une aiguille aimantée, sur laquelle n'agit que le magnétisme terrestre, avance vers l'Ouest depuis le lever du Soleil jusque vers 14^h et rétrograde ensuite jusqu'à 22^h. L'amplitude de ces variations atteint un maximum en été et un minimum en hiver. D'autre part ces variations sont plus grandes pendant les périodes de grande activité solaire et plus petites lorsque l'activité du Soleil est réduite. Cette correspondance de périodicité a conduit à l'hypothèse d'une relation entre le magnétisme terrestre et l'activité du Soleil.

A l'occasion de l'éclipse de Soleil du 29 juin 1927, qui a eu lieu à Bucarest entre $6^h 10^m,85$ et $8^h 7^m,36$ (phase maxima à $7^h 8^m,51$), j'ai observé une variation assez curieuse du magnétisme terrestre.

L'appareil dont je me suis servi était une boussole simple, dont le cercle était divisé en degrés et demi-degrés. Cette boussole peut tourner sur un pivot pourvu d'un cercle dont chaque division vaut 20 minutes d'arc. Un vernier solidaire avec la boussole permet la lecture d'une minute.

Le soir du 28 juin, à 20^h, la pointe nord de l'aiguille marquait la division O du cercle de la boussole; le 29 juin à 6^h l'aiguille marquait une légère déviation vers l'Ouest. Pendant la phase maxima de l'éclipse, l'aiguille était revenue au zéro. Au moment de la réapparition de la grande tache, visible en ce moment sur le Soleil, l'aiguille a dévié tout d'un coup, vers l'Ouest, d'environ 15 minutes d'arc. Cette déviation a diminué ensuite d'une façon normale jusqu'au soir. Aucune déviation anormale de l'aiguille aimantée n'a été observée les jours suivants.

Je n'ai pu faire de mesures précises, l'appareil dont je disposais ne s'y prêtant pas; je n'ai pas pu voir non plus si la disparition de la grande tache a été accompagnée d'une déviation de l'aiguille aimantée.

Malgré l'imperfection de cette observation, elle paraît confirmer l'hypothèse d'une influence de l'activité du Soleil sur le magnétisme terrestre : l'interposition de la Lune entre le Soleil et la Terre modifierait l'influence du premier sur le magnétisme de la dernière.

Les éclipses de Soleil sont malheureusement trop rares pour qu'on puisse faire des observations plus complètes et plus précises sur ces phénomènes.

AGRONOMIE. — *Modifications des substances azotées dans la terre séchée à l'air libre et laissée ensuite en jachère.* Note de M. **A. Lebediantzef**, présentée par M. A. Th. Schlœsing.

Les modifications chimiques et bactériologiques du sol soumis à la dessiccation ont servi de sujet à notre Note du 10 mars 1924 (¹). Nous avons étudié ensuite la durée de ces modifications, lorsque le sol est conservé à l'état humide sans ensemencement de végétaux (jachère artificielle). Après la dessiccation, trois échantillons de sols (mêmes sols que dans la Note cidessus) ont été amenés, par humectation à l'eau, à une humidité initiale de 33 pour 100 de terre absolument sèche; ensuite ils ont été étendus sur des plateaux de tôle de $50^{cm} \times 50^{cm}$, profonds de 10^{cm}. Un essai parallèle a été établi sur des plateaux semblables avec des échantillons des mêmes sols non

(¹) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 960.

soumis à la dessiccation. Les divers échantillons sont restés étendus sur les plateaux pendant 180 jours à une température de 15 à 20° C.; on les a maintenus par des arrosages convenables avec de l'eau distillée à l'humidité de 30 pour 100, en prenant soin que la couche supérieure ne se desséchât pas. On prélevait périodiquement des échantillons dans les plateaux pour les soumettre à l'analyse; on se gardait de mêler les couches du sol qui restait pour ne pas modifier le cours des phénomènes biologiques.

Les méthodes d'analyse étaient les mêmes que précédemment ([1]). Les résultats ont été les suivants :

Poids d'azote en milligrammes par kilogramme de terre absolument sèche.

Temps compté en jours à partir de la mise sur plateaux.

A, azote nitrique; B_1, azote ammoniacal (méthode Schlœsing); B_2, azote ammoniacal (méthode Boussingault); NS, terre non séchée; S, terre séchée.

Après (jours)...		0.	12.	25.	46.	67.	86.	112.	180.
Terre d'un assolement triennal (couche de 0 à 20cm) :									
A	NS....	»	30,6	29,0	34,5	34,2	34,5	29,1	31,8
	S.....	»	26,7	31,3	30,5	45,2	44,1	52,1	60,6
B_1	NS....	0	4,3	3,5	0,18	1,85	0,18	1,83	2,28
	S.....	14,3	4,3	2,6	5,17	3,63	2,34	3,72	0,31
B_2	NS....	61,4	48,5	48,7	57,9	18,02	18,6	35,89	43,1
	S.....	93,9	64,9	50,6	54,4	36,81	25,24	31,94	41,6
Terre d'un assolement triennal (couche de 0 à 40cm) :									
A	NS....	»	15,5	15,7	15,0	13,9	12,8	13,8	20,1
	S.....	»	12,7	8,9	17,0	17,4	16,3	26,3	34,1
B_1	NS....	1,0	2,4	2,4	3,46	2,23	2,64	8,31	22,8
	S.....	14,6	5,4	10,0	13,83	13,33	14,04	11,63	7,4
B_2	NS....	38,5	33,6	33,3	39,4	17,07	9,24	35,6	57,6
	S.....	64,0	48,3	53,1	60,7	55,0	26,20	36,89	32,8
Friche (couche de 0 à 20cm) :									
A	NS....	»	8,4	10,8	19,2	20,5	17,4	24,1	33,9
	S.....	»	4,4	21,6	30,7	38,4	37,6	39,4	53,0
B_1	NS....	0,21	4,5	5,6	0,19	2,87	0	40,8	3,96
	S.....	24,26	5,4	6,0	7,03	7,07	6,0	6,36	4,4
B_2	NS....	75,8	30,2	32,2	52,8	51,8	22,2	40,17	37,2
	S.....	88,5	53,0	49,1	55,5	42,5	36,9	36,62	39,4

([1]) *Loc. cit.*

Les chiffres ci-dessus (et les graphiques qu'on en déduit) montrent que l'action exercée par la dessiccation sur le sol quant à sa teneur en azote nitrique et en azote ammoniacal ne s'est pas bornée aux manifestations immédiates que nous avons fait connaître antérieurement, mais qu'elle s'est prolongée, dans les conditions d'humidité indiquées et à la température ordinaire, de la manière que voici :

1° La terre séchée s'est distinguée de la terre non séchée par une accumulation de nitrates plus intense qui s'est développée graduellement durant toute l'expérience (pendant 6 mois);

2° La quantité d'azote ammoniacal, laquelle augmente brusquement sous l'effet immédiat de la dessiccation, a diminué durant les deux premières semaines et a recommencé ensuite à s'accroître, en se maintenant à un niveau élevé pendant une durée assez prolongée (de 4 à 5 mois).

ENTOMOLOGIE. — *L'anolocyclie chez les Pemphigiens des Pistachiers.* Note (1) de M. **A. Mordvilko**, présentée par M. P. Marchal.

La tribu des *Fordea* embrasse tous les Pemphigiens formant des galles sur les *Pistacia* (et sur les *Rhus*); à cette tribu appartiennent aussi les divers Pemphigiens habitant les racines des Graminées comme les *Forda* Heyd., les *Paracletus* Heyd., les *Hemitrama* Mordv., les *Geoica* Forb. et d'autres encore. En 1915 j'ai établi le fait, que la descendance des émigrants du *Pemphigus follicularius* Pass. (sortant des galles de *Pistacia mutica*) se développe en *Forda* Heyd. typiques sur les racines de diverses Graminées. Après cela on pouvait admettre que les autres radicicoles du groupe *Fordea* (*Hemitrama*, *Paracletus*, *Geoica* et autres) représentent aussi des exilés de Pemphigiens produisant des galles sur les *Pistacia* et les *Rhus*. Le fait qu'ils se rencontrent encore dans les pays où les *Pistacia* n'existent plus, par exemple dans l'Europe centrale et l'Europe du Nord, s'explique (Mordvilko 1923, 1924) par la distribution de ces plantes à l'époque tertiaire en Europe jusqu'à Samland et Hamburg et plus loin peut-être; elles devaient être notamment répandues en Sibérie et dans la province d'Oussouri. Les *Pistacia* ayant disparu de ces pays, les Pemphigiens exilés sont restés sur les racines des diverses Graminées, tandis que, avec le temps, les sexupares de ces Pemphigiens devenus superflus disparurent à leur tour et il ne resta

(1) Séance du 18 juillet 1927.

plus que des vierges aptères et ailées (*virginiparæ*). Les vierges ailées (virginipares) continuent actuellement à se développer à la fin du printemps et au commencement de l'été; elles vont alors se fixer sur d'autres Graminées et y produisent des jeunes, qui descendent jusqu'aux racines où ils fondent de nouvelles colonies. Ainsi se produit la contamination des Graminées par divers *Forda*, *Paracletus*, *Geoica*, etc. Ces formes anolocycliques sont regardées maintenant comme des espèces nouvelles; mais, au sens morphologique, elles conservent encore une très grande ressemblance avec les exilés des formes holocycliques et leurs virginipares ailés sont encore tout pareils aux sexupares ailés, qui en mai-juin vont se poser sur les troncs de *Pistacia*.

Pour les exilés du *Forda follicularia* Pass., la forme anolocyclique la plus voisine est le *F. marginata* (*in sensu* Horvath 1896 sous le nom générique de *Pentaphis*). Cette dernière est assez largement répandue en Europe, surtout au Sud, où elle se rencontre aussi sur les racines du froment et d'autres Graminées; on la trouve dans la province d'Oussouri. La forme anolocyclique la plus voisine de *Forda retroflexa* Courchet (les sexupares ont été recueillis en juin 1925 sur le tronc de *P. mutica* près de Noworossijsk) est *F. trivialis, in sensu* Mordvilko 1921 (Horvath 1896 *partim?*). Cette dernière est largement répandue en Europe à partir de la Crimée et d'Odessa jusqu'à Jaroslave au Nord. *Forda olivacea* Roh. de l'Amérique du Nord, si l'on se reporte par exemple à la description de Gillette 1919, est une forme voisine de la précédente. Quant aux formes anolocycliques, *Forda formicaria* Heyd., *F. marginata*, *in sensu* Mordvilko 1921 et autres espèces, on ne connaît pas de formes correspondantes gallicoles sur le *Pistacia*. La première espèce est largement répandue dans la région paléarctique (toute l'Europe, la Sibérie : Altaï, le cours supérieur de la Léna); elle est aussi répandue dans l'Amérique du Nord où elle se nommait d'abord *F. occidentalis* Kart., et plus tard *F. formicaria* (Gillette 1919).

Paracletus cimiciformis Heyd. est sans doute une forme anolocyclique de quelque Pemphigien de *Pistacia*. L'antenne d'un individu ailé ressemble complètement à celle des sexupares, recueillis sur les troncs de *Pistacia terebinthus* et représentés par Courchet 1880-1881 (*Pl. IV*, *fig.* 9) ou par Derbès 1881 (*Pl. XIV*, *fig.* 3). D'autre part Courchet, comme aussi Lichtenstein, ont rapporté ces sexupares au *Pemphigus pallidus* Derbès. Cette dernière opinion s'accorde encore avec le fait que les larves déposées par les émigrants de *P. pallidus* ont des antennes à 5 articles, comme celles des jeunes larves de *Paracletus*. Le *P. cimiciformis* est répandu au sud de

l'Europe, où il se rencontre sur les racines du froment et de l'orge; il atteint en outre la Grande-Bretagne et le sud de la Suède.

Pemphigella cornicularia Pass. et *Dasia ædificator* (de Punjab), si l'on se reporte à la description de ce dernier donnée par B. Das en 1918, sont presque synonymes; mais les Pemphigiens habitant les tiges de *Cynodon dactylon*, décrits par Das sous le nom de *Paracletus cynodonti*, sont indubitablement les exilés de *P. cornicularia*. En Europe les exilés n'étaient pas décrits jusqu'à présent. Il est intéressant à cet égard de rappeler que R. Takahashi a mentionné sous le nom de *Paracletus cynodonti* la forme anolocyclique à Formose.

Trifidaphis perniciosa Nevsky est largement répandu en Europe sur les racines de *Chenopodium*, *Beta*, *Capsella*, *Brassica*, *Solanum tuberosum* et autres plantes. Nevsky le trouvait aussi au Turkestan sur les racines du coton. On le décrivait généralement (par exemple F. Karsch 1886) sous le nom de *Tychea phaseoli* Pass. Une espèce très voisine de la précédente est *Tr. radicicola* Essig de l'Amérique du Nord. Or j'ai réussi à trouver une forme gallicole correspondant au *Tr. perniciosa*. Les galles de cette espèce que l'on trouve sur les feuilles de *Pistacia mutica* et probablement de *P. terebinthus* se présentent avec l'aspect de plis latéraux d'une couleur rose-pâle ou jaunâtre disposés le long du bord; elles commencent près du pétiole et ont la forme d'un étroit fuseau. Les larves déposées par les émigrants sont identiques aux jeunes larves radicicoles de *Tr. perniciosa*.

Aploneura lentisci Pass. Les Pemphigiens décrits par Buckton en 1883, IV, p. 99, sous le nom de *Rhizobius poæ* et par Theobald en 1916, sous le nom de *Rhizobius? graminis* Buckt. ne sont autres que la forme anolocyclique de *Apl. lentisci*. Elle est répandue en Europe jusqu'en Angleterre.

L'existence de *Fordea* anolocycliques (*Forda*, *Trifidaphis*, *Geoica*) aux États-Unis, est une preuve qu'à l'époque tertiaire le *Pistacia* y existait aussi, et c'est probablement sur le *P. mexicana* qu'il faut chercher des formes gallicoles correspondantes. L'existence de divers *Forda* en Sibérie prouve de même la présence de certains *Pistacia* à une époque antérieure dans cette contrée. La forme anolocyclique de *Pemphigella cornicularia* à Formose témoigne enfin qu'il devait y exister autrefois des *Pistacia*, peut-être *P. khinjuk* ou *P. chinensis*. Et s'il en est ainsi, il faut admettre que le climat de Formose était plus sec, condition qui ne pouvait être réalisée que quand Formose faisait partie d'un continent.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur le cœur et l'électrocardiogramme.* Note (¹) de M. F. Henrijean, présentée par M. d'Arsonval.

Le cœur arrêté dans certaines conditions donne encore des électrocardiogrammes, ECG, après qu'il a été extrait de l'organisme. Ces électros peuvent être suspendus par le fait de l'abaissement de la température extérieure. Nous avons pu les observer de façon intermittente pendant 5 jours, sur le même cœur plongé dans du Ringer à 40°-45° refroidi ensuite. Tout phénomène électrique disparaissant lorsque la température descendait (durant la nuit par exemple) aux environs de 0°.

L'étude des ECG du cœur, arrêté par le chloroforme ou autrement, nous a permis de constater que les phénomènes électriques non musculaires, qui se produisent dans l'organe et qui cessent petit à petit, continuent d'abord dans l'ordre ordinaire P. R. T., mais, peu à peu, la distinction des ondes ne s'observe plus, une grande onde R semble seule succéder à P. L'électrocardiogramme pourrait s'inscrire PR si l'on n'observait que l'onde R beaucoup plus grande quand elle succède seule à R est, en certains points, remplacée par deux ondes moins élevées dont la hauteur est environ la moitié de l'onde unique. Lorsque celle-ci existe seule, aussi bien que lorsqu'elle est dédoublée, on voit une continuation de l'onde (*fig.* I) se faire en dessous de la ligne isoélectrique, en dessous du zéro, ce qui indique un changement de sens du courant.

Pour expliquer ce fait, on doit admettre que le courant formé dans les nœuds, celui des fibres descendantes du faisceau de His se faisant dans le même sens, la partie des fibres de Purkinje qui remonte vers la base du cœur donne le tracé en dessous du zéro, le courant étant de direction opposée. L'existence d'un ECG polyphasique dans le cœur extrait de l'organisme m'a permis non seulement de déterminer le sens du courant que produit les ondes, dans les différentes parties du cœur (septum ventriculaire, faisceau de His, fibres de Purkinje), mais encore la nature de certains excitants des éléments électrogénétiques du cœur. C'est ainsi que le courant interrompu susceptible de produire la contraction musculaire par excitation d'un nerf moteur est sans action sur ces éléments de l'appareil de commande du cœur (*fig.* II). La chaleur agit sur ces éléments comme le montre son

(¹) Séance du 30 mai 1927.

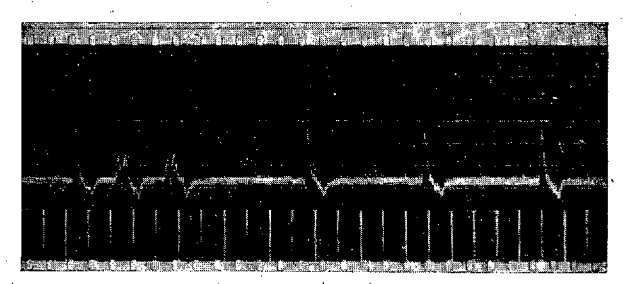


Fig. I. — ECG de cœur arrêté par le chloroforme. On voit cet électro réduit aux ondes P et RT réunies dans le premier électro, tandis que dans le second on voit RT séparés et moins élevés que lorsqu'ils sont réunis. On observe aussi l'onde négative finale sur tous les électrocardiogrammes.

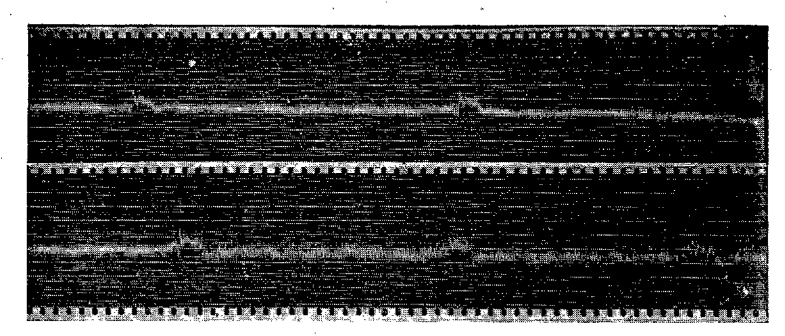


Fig. II. — ECG de cœur extrait du corps. L'excitation de l'organe par le courant faradique qui se voit sur la ligne inférieure n'a aucune influence sur le rythme de l'électrocardiogramme.

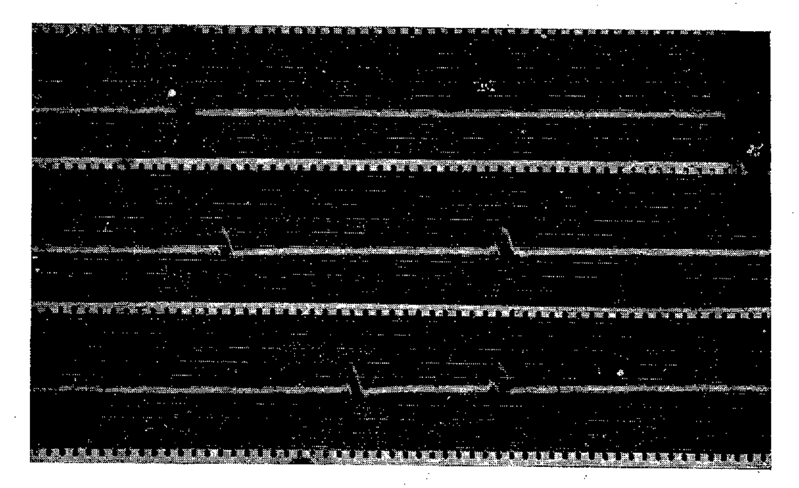


Fig. III. — ECG à peine visible dans le tracé supérieur d'un cœur extrait du corps depuis plusieurs jours. Les rayons calorifiques agissant sur l'endocarde provoquent des phénomènes particuliers, l'ECG est plus net; on distingue nettement les trois ondes P, R, T, cette dernière beaucoup plus nette, fortement accrue (action sur les fibres de Purkinge plus superficielles que les nœuds).

influence marquée sur l'ECG du cœur extrait du corps et ouvert. Les rayons calorifiques frappant alors directement l'endocarde déterminent la hausse considérable de l'onde T (*fig.* III) produite par le Purkinje, tandis que les nœuds plus profondément situés sont moins influencés.

PHYSIOLOGIE. — *Relation entre la constante linéaire et la chronaxie.* Note [1] de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

La constante linéaire telle que nous l'avons définie [2] mesure l'excitabilité neuro-musculaire par les courants progressifs. La durée d'action efficace de ces courants est relativement longue : un trentième de seconde environ pour le gastrocnémien de grenouille. Pour ce même muscle les passages de courant continu nécessaires à la détermination de la chronaxie ne durent que de $\frac{1}{10000}$ à $\frac{2}{10000}$ de seconde. Nous avons cru utile de rechercher s'il existe une relation générale entre ces deux paramètres d'excitabilité dont la détermination met en jeu des processus si différents au point de vue chronologique. La courbe d'excitabilité par ondes cunéiformes [3] dont nous avons précisé l'allure dans une précédente Note, synthétise par ses deux branches l'un et l'autre processus. Mais il est rare que l'excitabilité ne varie pas au cours des mesures nécessairement lentes, puisqu'elles s'échelonnent sur un grand intervalle de durée. Nous avons préféré utiliser deux appareils, instantanément interchangeables grâce à un jeu de commutateurs : l'un pour la recherche de la constante linéaire par ondes cunéiformes, l'autre pour la recherche de la chronaxie par condensateurs.

Nous avons vérifié que la formule de Lapicque relative à cette dernière technique donne sensiblement les résultats de chronaxie trouvés par ondes cunéiformes. Ce point acquis, nous avons fait l'expérience suivante : l'animal était enfermé dans un vase de grande capacité, plongé dans un thermostat; seul le fil actionnant le style indicateur des contractions sortait de l'appareil. Au cours du refroidissement lent de la préparation nous avons cherché les chiffres de chronaxie et de C. L. notés ci-dessous :

---

(1) Séance du 11 juillet 1927.

(2) Ph. Fabre, *L'excitation neuro-musculaire par les courants progressifs chez l'homme* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 699).

(3) Ph. Fabre, *De l'excitation neuro-musculaire par ondes cunéiformes* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1486).

Excitation du sciatique-gastrocnémien de Grenouille
(température variant de 25° à 6°).

Chronaxie (τ)	$\overset{\sigma}{0,153}$	$\overset{\sigma}{0,20}$	$\overset{\sigma}{0,23}$	$\overset{\sigma}{0,29}$	$\overset{\sigma}{0,33}$
Constante linéaire (C. L).	15,3	19	20	22,8	25
C. L. calculée	15,6	18,7	20,1	22,9	24,6

Il nous est apparu qu'ils répondaient à la formule

$$(a)\qquad (\mathrm{C.\ L.}) = 38{,}8 \log.(1+\tau).$$

C. L. étant exprimé en millièmes de seconde (σ); la chronaxie τ en dix-millièmes $\left(\frac{\sigma}{10}\right)$; le log est du système de base 10.

L'approximation est bonne comme on s'en rend compte par les chiffres des C. L. calculées au moyen de la formule logarithmique. Cette dernière ne doit donc pas être une simple relation empirique mais l'expression d'une loi qu'il reste à rattacher aux théories de l'excitabilité.

La courbe représentative de C. L. en fonction de τ passe pour l'origine; cependant les points expérimentaux sont répartis assez loin de celle-ci, dans une région où l'effet de la courbure s'est déjà fait fortement sentir.

Nous nous proposons de rechercher si cette formule (a) s'applique aux autres muscles de la grenouille et si elle traduit aussi les variations des paramètres d'excitabilité sous l'effet des agents chimiques : curare, strychnine, etc.

Chez l'homme, nous avons essayé de vérifier son exactitude pour les différents muscles squelettiques. Voici deux déterminations particulièrement concordantes sur un même sujet :

	Chronaxie.	Const. linéaire.	Coefficient de la formule logarithmique.
Biceps	$0^{\sigma},25$	34^{σ}	62,5
Fléchisseur superficiel	$0^{\sigma},45$	46^{σ}	62,2

Elles conduisent à fixer aux environs de 60 le coefficient de la formule logarithmique de l'homme normal :

$$(b)\qquad (\mathrm{C.\ L.}) = 60 \log(1+\tau).$$

D'autres déterminations nous ont donné 60 comme chiffre moyen, des écarts de plusieurs unités étant inévitables par suite des difficultés de l'excitation percutanée.

La chronaxie était mesurée ici à l'aide de l'égersimètre de Strohl,

alimenté par le courant de saturation d'un kenotron, selon la technique que j'ai proposée et développée avec la collaboration de H. Desgrez ([1]). Elle donne des chiffres supérieurs à ceux fournis par les condensateurs, lesquels sont viciés par les perturbations dues aux polarisations cutanées. Nos chiffres de chronaxie étant compris entre $0^\sigma,2$ et $1^\sigma,5$ environ suivant les muscles, il en résulte que, d'après la formule logarithmique (*b*), les chiffres de C. L. doivent se répartir entre 28^σ et 70^σ, résultat qui est conforme à nos statistiques.

Il semble que la loi logarithmique soit bien une loi générale, mais la valeur de l'unique coefficient qu'elle renferme nous paraît dépendre de l'objet biologique observé ou des causes qui font varier l'excitabilité.

PHYSIOLOGIE. — *Développement utérin et mammaire par injection d'hormone ovarienne.* Note ([2]) de MM. **Ch. Champy** et **Th. Keller**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Reprenant des expériences sur l'action de l'hormone génitale femelle, extraite de l'ovaire et du placenta qui, entre les mains de divers auteurs, avaient donné des résultats contradictoires, nous avons essayé sur le Cobaye femelle castré avant la puberté, et sur les Cobayes mâles, l'action d'injections prolongées d'extraits lipoïdes ([3]), de corps jaune, de follicules de Graaf et de placenta.

L'injection de ces lipoïdes ne paraît pas avoir de résultat différent, qu'il s'agisse de ceux de l'ovaire ou de ceux du placenta. On provoque en 4 ou 5 jours des phénomènes de développement analogues à ceux de la période œstrale : multiplication des cellules dans les glandes utérines, stratification et desquamation cornée du vagin, croissance de la glande mammaire et du pis.

Si l'on prolonge les injections de 10 à 25 jours, on obtient la continuation de ces phénomènes : un développement utérin analogue à celui de la grossesse, avec formation de cellules déciduales, une transformation muqueuse secondaire du vagin, et hypersécrétion des glandes du col.

([1]) P. Fabre et H. Desgrez, *De l'utilisation des lampes à deux électrodes pour la recherchede la chronaxie* (*Journal de Radio. et d'Élec.*, **10**, octobre 1926, p. 459-462).

([2]) Séance du 18 juillet 1927.

([3]) Extraction des lipoïdes par l'alcool, l'éther de pétrole et l'acétone.

Ces phénomènes sont notablement accélérés notamment la transformation secondaire du vagin (1), et la production d'une caduque épaisse avec cellules déciduales gonflées, si l'on ajoute aux injections lipoïdes des injections de la substance congestivante étudiée par Champy et E. Gley (2). Ces substances existent dans l'ovaire, surtout dans le corps jaune et dans le placenta. Seules, elles ne provoquent pas de développement.

L'accroissement mammaire et l'accroissement du pis par ces injections chez des femelles est comparable en volume à celle qu'on observe pendant la grossesse (de 1 à 8 ou 10 en largeur), l'accroissement utérin est de 1 à 4 ou 5 en diamètre, celui de la muqueuse, considéré isolément, de 1 à 7 ou 8.

On observe la production autour des acini, mammaires tassés les uns contre les autres, de cellules interstitielles de la mamelle et, avec les injections mixtes, un peu de sécrétion colostrale.

Chez les mâles (3) castrés ou non, on observe un accroissement mammaire aussi rapide que chez les femelles. Le pis croît sensiblement aussi vite que chez les femelles, et atteint comme chez ces dernières en 15 à 18 jours un *état maximal* qui n'est pas dépassé. La glande croît également vite, mais comme elle part d'un état plus petit que chez la femelle impubère, elle atteint plus lentement l'état maximal.

L'hormone ne provoque aucune altération dans les glandes génitales du mâle et ne révèle *aucun antagonisme*.

Le corps jaune renferme l'hormone active en quantité plus faible (4) que le reste de l'ovaire, et le placenta, ce qui contredit le rôle prépondérant qu'on a voulu lui faire jouer dans le développement utérin ou mammaire.

Ces expériences montrent qu'*il n'y a aucune différence fondamentale entre les phénomènes de développement de la période œstrale et ceux de la période gravidique*. Le fait particulier est que c'est seulement pendant cette dernière période que l'hormone atteint la quantité et surtout la durée

(1) La transformation muqueuse secondaire du vagin est d'un type très différent de l'état muqueux primitif des femelles castrées, ainsi que l'ont vu Lataste, Courrier.

(2) *C. R. de la Société de Biologie*, 97, juin 1927, p. 119.

(3) La possibilité de la croissance mammaire chez le mâle résulte des expériences de Steinach, de Sand, qui ont utilisé des greffes de testicule, de Lœwe qui signale l'accroissement du mamelon par injections d'hormone. (On trouvera cette bibliographie dans le travail définitif.)

(4) Il en renferme surtout à son début.

d'action nécessaire pour réaliser le développement maximum possible des organes qui sont sensibles à son action.

Ces expériences montrent en outre qu'il n'y a aucune relation entre la structure cytologique des organes et la présence des deux hormones étudiées qui existent respectivement dans le follicule et le placenta d'une part, dans le corps jaune d'autre part.

Elles montrent enfin l'*existence, dans la glande mammaire mâle, d'une potentialité de développement aussi grande* que dans la glande mammaire femelle.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur une forme particulière d'oxydation biologique.* Note de MM. **J. Houget**, **André Mayer** et **L. Plantefol**, présentée par M. Henneguy.

L'étude des échanges respiratoires d'une Mousse, l'*Hypnum triquetrum*, nous a mis en présence d'un cas particulier d'oxydation biologique.

Si l'on place la Mousse dans une solution diluée d'acide oxalique, en présence d'oxygène, il se produit une oxydation pouvant aller dans les conditions optima jusqu'à la destruction complète de l'acide, en quelques heures, à 25°.

Par exemple, on agite continuellement des lots de Mousses correspondant à 1 gr/sec, soit dans l'eau pure, soit dans une solution N/25 d'acide oxalique, à l'intérieur de flacons maintenus à 25° et dans lesquels barbote continuellement de l'oxygène. L'acide carbonique est recueilli dans des tubes contenant de la baryte et maintenus à 60°. Dans ces conditions, voici les dégagements d'acide carbonique observés pendant des durées variant entre 6 et 20 heures, dans diverses expériences choisies entre un très grand nombre :

	Lot 1.	Lot 2.	Lot 3.	Lot 4.	Lot 5.	Lot 6.
Quantité de CO^2 dégagé (cm^3).....	86,93	85,56	83,75	73,46	81,75	82.65
Durée de l'expérience.............	6^h45^m	6^h45^m	6^h45^m	22^h50^m	7^h25^m	7^h20^m

On voit que la quantité d'acide carbonique recueilli correspond pratiquement à la totalité de l'acide oxalique mis en jeu.

Le phénomène, rapide au début, diminue progressivement.

Durées successives.....................	0^h50^m.	2^h35^m.	1^h10^m.	1^h40^m.	1^h30^m.	15^h5^m.
Cm^3 de CO^2 dégagé par gr/sec/heure pendant chaque période........	17,25	13,35	6,76	1,77	1,51	0,29

Cette propriété des Mousses est inégalement marquée suivant les échantillons. Certaines formes de croissance paraissent particulièrement actives.

Il existe un optimum de concentration de l'acide oxalique, pour lequel l'action est maxima (entre N/25 et N/50); en deçà l'oxydation est complète, mais la vitesse faible; au delà l'oxydation devient rapidement incomplète et la vitesse très réduite. Cela rapproche ce phénomène d'oxydation des oxydations par les surfaces actives ([1]) comme celle du charbon, mais l'action de la Mousse est beaucoup plus intense.

L'élévation de température n'influence pas cette oxydation, comme elle influence la respiration. Une élévation de 20° n'augmente pas le phénomène.

D'autre part, on peut difficilement supprimer cette propriété de la Mousse. On y arrive par action de la chaleur, mais seulement au delà de 96°, dans l'eau. Un grand nombre d'agents connus comme précipitants du protoplasma, oxydants, réducteurs, sont sans action sur elle; seuls des agents énergiques comme l'acide osmique, l'acide picrique à saturation, l'ozone, l'eau de chlore, l'eau de brome, les hypochlorites, l'hyposulfite, les bisulfites de soude à forte concentration, la détruisent. De même encore les solvants des graisses ne sont actifs qu'à la condition d'être employés à chaud et assez longtemps. L'organisation à laquelle cette propriété de la Mousse est liée est donc beaucoup plus résistante que celles dont dépendent la respiration et l'assimilation.

Quand on essaye de modifier ce phénomène d'oxydation, on constate les faits suivants :

L'acide oxalique n'est plus attaqué s'il est présenté sous forme de sels.

L'addition au milieu d'uréthane, de phényluréthane et d'acide cyanhydrique est sans action.

Les belles recherches de MM. Moureu et Dufraisse nous ont fait connaître toute une série de corps qui entravent les phénomènes d'oxydation, qui sont antioxygènes. Nous avons essayé l'action d'un certain nombre des corps qu'ils ont étudiés et dont ils nous ont confié des échantillons. Tous ne sont pas actifs, mais parmi eux les iodures, les ferri- et ferrocyanures, le chlorhydrate de phénylhydrazine arrêtent complètement l'oxydation par la Mousse.

Si l'on ajoute dans le milieu un peroxyde comme l'eau oxygénée, l'oxydation est inhibée d'une façon irréversible.

([1]) Cf. M. Gompel, André Mayer et R. Wurmser, *Comptes rendus*, **178**, 1923, p. 1025, et André Mayer et René Wurmser, *Annales de Physiologie et de Physicochimie biologique*, **2**, 1926, p. 329.

L'oxygène libre est nécessaire pour produire la réaction; elle ne se produit pas dans le vide en présence d'accepteurs d'hydrogène tels que le bleu de méthylène ou le soufre. La forme particulière d'oxydation biologique que nous venons de faire connaître paraît donc mettre en jeu une activation de l'oxygène libre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Remarques sur l'huile de pépins de raisins.* Note de M. **L. Margaillan**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'huile de pépins de raisins a donné lieu ces dernières années à un certain nombre de publications, notamment de MM. E. André, Aubert, Aumeras, Bonnet, Carrière, Ventre, Viala en France. Certains de ces travaux sont inspirés par cette idée que l'huile en question possède un indice d'acétyle élevé (on a même cité 144,5) et ressemblerait de ce chef à l'huile de ricin dont l'indice correspondant est voisin de 150. D'autres l'ont envisagée comme une huile siccative en raison de son indice d'iode élevé, voisin de 130. Un autre déclare que l'huile extraite des pépins frais ressemble à l'huile de ricin et que l'huile extraite des pépins en voie d'altération tend à ressembler de plus en plus à l'huile de lin. Enfin un auteur assigne à l'huile qui nous intéresse un poids moléculaire cryoscopique moyen, relativement bas, 695.

L'huile de pépins de raisins est-elle vraiment une « huile protée » ainsi que cela découlerait de toute cette littérature? Nos travaux de plusieurs années ne paraissent pas l'indiquer et ne confirment pas l'anomalie signalée par le poids moléculaire.

Quand on veut définir les caractères d'une huile il faut s'adresser à une huile fraîche, non altérée — analogue à une huile de ricin de première pression — et en suivre ensuite les modifications. L'expérience montre surabondamment que les huiles altérées peuvent donner les caractères les plus divers.

L'huile de pépins de raisins extraite avec soin de pépins frais ne ressemble guère à l'huile de ricin : elle n'est pas soluble dans l'alcool, sa viscosité n'a rien de particulièrement remarquable et son indice d'acétyle est très faible : nous sommes descendus avec quelques précautions jusqu'à la valeur 4, ce qui est insignifiant. D'autre part, pour les huiles extraites de pépins ayant souffert, pour les huiles préparées sans aucun soin (au début de cer-

taines fabrications industrielles), nous n'avons jamais trouvé d'indice d'acétyle atteignant la valeur 50.

L'indice d'acétyle s'élève (sans atteindre 50) dans les huiles provenant de pépins ayant souffert, restés longtemps exposés aux intempéries ou de pépins *qui sont restés broyés longtemps avant d'être traités par le solvant :* il y a là une phase d'oxydation spécialement active où les diastases paraissent jouer un rôle important. C'est ainsi qu'une huile d'indice d'acétyle 6 laissée en contact à l'air avec des pépins broyés, a vu cet indice monter rapidement à 24. D'ailleurs les pépins broyés et entassés s'échauffent fortement dans les premiers temps qui suivent le broyage corrélativement avec l'oxydation de l'huile.

Il n'y a aucune relation entre l'augmentation de l'indice d'acétyle et celle de l'indice d'acidité qui peut rester très faible.

En fait l'huile de pépins de raisins est une huile qui, originellement, n'est pas oxydée, mais qui s'oxyde facilement jusqu'à un certain point, et son indice d'acétyle, loin d'être une constante comme dans le cas de l'huile de ricin (où l'acide ricinoléique est de beaucoup le constituant normal le plus important), est essentiellement une variable comme pour la plupart des huiles.

Il est inexact de dire que l'huile de pépins frais ressemble à l'huile de ricin et encore plus de dire que l'huile de pépins altérés tend à ressembler à l'huile de lin. A tout prendre ce serait la proposition inverse qui serait la moins inexacte.

Nous avons étudié avec MM. Martin et Rosello le soufflage de l'huile de pépins de raisins comparativement avec celui de l'huile de colza, qui est classique. La première de ces huiles se souffle facilement quoique moins facilement que la seconde. Nous donnerons ailleurs le détail de ce travail. Disons seulement que pour des huiles industrielles, soufflées à 125°, nous avons obtenu pour indice d'acétyle les valeurs suivantes :

	Pépins de raisins.	Colza.
Initialement	23	27
Après 4 heures	31	53
» 7 »	37	81
» 9 »		94,5
» 10 »	44	
» 12 »	57 (prise en gelée)	

L'huile de pépins soufflée constitue un bon lubrifiant. Le processus d'oxydation par soufflage est très différent du processus d'oxydation spontanée et beaucoup plus complexe que lui.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Dosage de l'acide allantoïque à l'état de xanthylurée. Application à l'analyse des feuilles d'*Acer pseudoplatanus. Note de M. **R. Fosse** et Mlle **V. Bossuyt**, présentée par M. E. Roux.

1. Pour poursuivre l'étude biochimique de cet uréide, dont la présence chez les êtres vivants était insoupçonnée avant les recherches de l'un de nous, une méthode d'analyse quantitative a dû être instituée.

Même à de fortes dilutions, l'acide allantoïque est précipitable de ses solutions par le xanthydrol à l'état du dérivé xanthylé, déjà cité dans de précédentes Notes :

$$CO^2H.CH\left\langle\begin{array}{l}NH.CO.NH.CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^4\\C^6H^4\end{array}\right\rangle O\\NH.CO.NH.CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^4\\C^6H^4\end{array}\right\rangle O\end{array}\right.$$

De nombreuses expériences nous ayant révélé que le corps brut ainsi formé renfermait 1 à 2 pour 100 d'azote de moins que l'acide xanthylallantoïque pur, recristallisé, nous n'avons pas cru pouvoir baser ce dosage sur la pesée d'une combinaison impure, non identifiable par le plus sûr des critériums, l'analyse quantitative.

2. En attendant que soient trouvées les conditions permettant, à la fois, de mesurer et d'identifier cet uréide, nous avons ramené son dosage à un dosage pondéral d'urée.

La méthode repose sur la formation de 2^mol d'urée par hydrolyse de 1^mol d'acide allantoïque :

$$\begin{array}{l}NH^2.CO.NH\\NH^2.CO.NH\end{array}\Big\rangle CH.CO^2H + 2H^2O = 2NH^2.CO.NH^2 + CH(OH)^2.CO^2H.$$

Hydrolyse de l'acide allantoïque. — On maintient 30 minutes, à 60°, une solution d'allantoate de potassium pur, additionné d'acide minéral dilué, chlorhydrique ou sulfurique, en quantité telle que le titre acidimétrique soit compris entre $\frac{N}{50}$ et $\frac{N}{10}$.

Dosages. — La liqueur d'hydrolyse, légèrement alcalinisée par KOH, reçoit deux fois son volume d'acide acétique et du xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$, à raison de $\frac{1}{20}$ du volume total. Le poids de xanthylurée, recueillie après deux

heures, au moins, divisé par 7, donne, à — 0,3 pour 100 près, l'urée d'hydrolyse. En multipliant cette quantité par le rapport d'une molécule-gramme d'acide allantoïque à deux molécules-gramme d'urée

$$\frac{176}{120} = 1,466,$$

on obtient, à — 1 pour 100 près, environ, l'acide allantoïque contenu dans le volume soumis au dosage.

Titre acidimétrique.	Allantoate de K pour 1000cm³.	Volume dosé.	Xanthylurée.	Urée pour 100 ac. allant. Th. 68,18.	Erreur pour 100.	Acide allantoïque pour 1000cm³. Théorie.	Trouvé.	Erreur pour 100.
$\frac{N}{50}$....	1,024 g	5 cm³	0,0199 g	67,52	-0,66	0,842 g	0,830 g	-1,3
»	"	"	0,020	67,88	-0,30	"	0,834	-0,83
»	"	"	0,020	67,88	-0,30	"	0,834	-0,83
»	"	"	0,020	67,88	-0,30	"	0,834	-0,83
»	0,987	10	0,0385	67,75	-0,33	0,811	0,803	-0,98
»	"	"	0,0385	67,75	-0,33	"	0,803	-0,98
$\frac{N}{10}$....	0,5579	20	0,0435	67,70	-0,48	0,4588	0,4554	-0,74
»	"	"	0,0437	68,02	-0,16	"	0,4575	-0,28
»	"	"	0,0436	67,86	-0,32	"	0,4565	-0,50

Action des acides, chlorhydrique ou sulfurique, $\frac{N}{10}$, *30m à 60° sur l'allantoïne et l'acide uroxanique :* l'allantoïne reste inaltérée, l'acide uroxanique libère quantitativement son urée. Si l'on soumet à cette réaction le contenu cellulaire des feuilles d'*Acer*, l'urée formée ne peut donc avoir pour origine ni l'allantoïne qui, présente dans ce végétal (Schulze et Barbieri), n'est pas hydrolysable dans ces conditions; ni l'acide uroxanique qui n'a pu y être décelé. Elle provient de l'hydrolyse de l'acide allantoïque, inclus et identifié par l'analyse quantitative élémentaire dans ce végétal (R. Fosse, R. Fosse et A. Hieulle).

3. *Dosage de l'acide allantoïque dans les feuilles d'*Acer pseudoplatanus :

Préparation d'un extrait aqueux. — Ce végétal, fortement refroidi, broyé, laisse à la presse un résidu qu'on délaye dans de l'eau et que l'on recueille. Volume total du liquide après nouveau lavage du résidu, suivi d'expression : 2250cm³. Poids de feuilles fraîches : 2340g. Rapport du poids de la plante fraîche à celui de la plante séchée à 110° : $\frac{12,95}{3,12} = 4,15$.

Hydrolyse de l'acide allantoïque contenu dans le suc d'expression. — On

chauffe 30 minutes au bain-marie, réglé à 60°, un tube à centrifuger Pyrex muni de bec, contenant l'extrait aqueux centrifugé (10^{cm^3}), additionné d'acide chlorhydrique normal (1^{cm^3}).

Défécation du suc hydrolysé. — Celui-ci reçoit, goutte à goutte, en agitant, de l'acétate basique de plomb jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité (3^{cm^3}). On centrifuge et on lave le dépôt, à trois reprises, à l'aide d'un peu d'eau (2^{cm^3} chaque fois). La liqueur, réunie aux eaux de lavage, est privée de plomb par H^2S et de ce réactif par courant d'air. On centrifuge, on reçoit dans une fiole de 25^{cm^3} le liquide incolore, l'eau de lavage du sulfure de plomb et de l'eau jusqu'au trait de jauge.

Dosage de l'urée. — A 15^{cm^3} de la liqueur on ajoute de la soude pour rendre le milieu légèrement alcalin, 30^{cm^3} d'acide acétique et $2^{cm^3},25$ de xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$. Xanthyl-urée, recueillie après 4 heures : $0^g,0198$.

D'où : acide allantoïque pour 1^{kg} de feuilles fraîches,

$$\frac{0,0198}{7\frac{10}{25}15}\,1,466\,\frac{2,250}{2,340}\,1000 = 0^g,68;$$

acide allantoïque pour 1^{kg} de feuilles sèches,

$$0^g,66 \times 4,15 = 2,70.$$

La séance est levée à $16^h\,15^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1926 (*suite*).

Mitteilungen über Allgemeine Pathologie und Pathologische Anatomie. Sendaï.
Monographs (reprint Series) (General Department of scientific research). Sendaï.
Monthly meteorological Bulletin. Hongkong.
Monthly notices of the royal astronomical Society. London.
— (*Geophysical supplement*). London.
Monthly seismological Bulletin. Hongkong.
Monthly weather report of the meteorological Office. London.
Monthly weather review. Washington.
Mouvement (Le) sanitaire. Paris.
Mutualité départementale de l'Eure. Évreux.

Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Gœttingen. Berlin.
National physical Laboratory (Collected researches). London.
National research council of Japan (Publications). Tokio.
National research council. Organization. Washington.
Nature (La); revue des sciences et de leurs applications à l'art et à l'industrie. Paris.
Natuurkundig tijdschrift voor nederlandsch-Indië. Batavia.
Nautical Almanac. London.
New-York meteorological Observatory. New-York.
— (*Annual Tables*). New-York.
New-York State agricultural experiment station (Bulletin). Geneva.
— (*Technical Bulletin*). Geneva.
Nieuwe verhandelingen van het Bataafsch Genootschap. Rotterdam.
Norman Lockyer Observatory (Director's annual report). Sidmouth.
Nouvelles littéraires, artistiques et scientifiques. Paris.
Nouvelles macédoniennes. Sofia.
Nuovi annali dell'Agricoltura. Roma.

Oberlin College. Laboratory bulletin. Oberlin.
Observations made at the royal magnetical and meteorological Observatory at Batavia. Batavia.
Observations météorologiques à Abisko. Uppsala.
Observations météorologiques et magnétiques faites à l'Observatoire astronomique de Prague, Prague.

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice. Genève.
Observatoire national astronomique, chronométrique et météorologique de Besançon (Bulletins). Besançon.
Observatoire national de la République tchécoslovaque. Hvězdarska Rocenka. Prague.
Occasional papers of the museum of zoology. Michigan.
Occasional paper. Geological survey of Nigeria. London.
Œuvre internationale de Louvain (Bulletin). Louvain.
Office central de faunistique. Faune de France. Paris.
Office international d'hygiène publique (Bulletin). Paris.
Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium. Utrecht.

Pharmacia. Tallinn (Reval).
Philosophical Transactions of the Royal Society of London. London.
Physical Review; a Journal of Experimental and Theoretical Physics. Minneapolis.
Prace I Materjaly antropologiczno-archeol. i etnograficzine. Cracovie.
Princeton University Catalogue. Princeton.
Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia. Philadelphia.
Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Boston.
Proceedings of the American Philosophical Society. Philadelphia.
Proceedings of the Birmingham Natural History and Philosophical Society. Birmingham.
Proceedings of the California Academy of sciences. San Francisco.
Proceedings of the Congress of russian zoologists, anatomists and histologists. Petrograd.
Proceedings of the Imperial Academy. Tokio.
Proceedings of the Indian Association for the cultivation of Science. Calcutta.
Proceedings of the London mathematical Society. London.
Proceedings of the National Academy of Sciences. Easton.
Proceedings of the physico-mathematical Society of Japan. Tokio.
Proceedings of the Royal Irish Academy. Dublin.
Proceedings of the Royal Physical Society. Edinburgh.
Proceedings of the Royal Society (series A.). London.
Proceedings of the Royal Society (series B). London.
Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Edinburgh.
Proceedings of the Royal Society of Medicine. London.
Proceedings of the Section of Sciences, Koninklijke Akademie. Amsterdam.
Proceedings of the United-States National Museum. Washington.
Procès-verbal de la séance de la Commission géodésique suisse. Neuchâtel.
Procès-verbaux des séances de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, Bordeaux.
Progrès médical (Le). Paris.
Pubblicazioni dell'Osservatorio Ximeniano dei PP. Scolopi. Firenze.
Publications biologiques de l'École des hautes études vétérinaires. Brno.

(A suivre.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AOUT 1927.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER, PUIS DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau les *Tables générales des Auteurs des Comptes rendus* pour la période quindécennale 1895-1910.

Ces Tables, correspondant à près de 45000 pages de Notes, publications, etc., se distinguent des précédentes Tables par divers perfectionnements qui rendront, en particulier, plus faciles les recherches des trois données exigées pour les citations bibliographiques dans les *Comptes rendus*, à savoir le numéro du tome, l'indication de l'année et de la page des Notes auxquelles il est renvoyé.

Des remercîments sont dus à M. et Mme Pierre Gauja pour la rédaction, à l'Imprimerie Gauthier-Villars pour l'impression de cet important Volume qui sera prochainement en distribution au Secrétariat.

MÉTÉORITES. — *La composition et la structure du fer météorique de Tamentit. L'oxydation des fers météoriques à haute température.* Note de M. **A. Lacroix.**

Dans une Note précédente (1) j'ai donné l'histoire et décrit les caractères morphologiques externes du fer météorique de Tamentit (Touat). Je me propose aujourd'hui de préciser sa composition et sa structure.

---

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1217.

Pour cette étude, il était nécessaire de pouvoir disposer d'un morceau de quelque importance. Le maniement de cette masse métallique pesant 510^{kg} n'étant pas facile, afin d'éviter son transport dans une usine et un sciage long et pénible, j'ai eu recours à la Société de la Soudure autogène qui, gracieusement, a effectué sur place le découpage d'un échantillon pesant une dizaine de kilogrammes.

La météorite a la forme d'un bouclier bombé dont la section horizontale est grossièrement rectangulaire, mais avec des protubérances sur les angles. Dans le but de pénétrer aussi loin que possible dans l'intérieur de la masse, tout en n'altérant que le moins possible sa forme extérieure, la section a été faite en détachant l'une des protubérances du contour, à l'aide de deux coupes à angle droit dont la bissectrice est parallèle à l'axe de la protubérance.

Notre confrère, M. Guillet, a bien voulu ensuite faire découper dans son laboratoire le bloc ainsi détaché. Une première plaque, pesant 2^{kg},680, a été obtenue parallèlement à l'une des surfaces de coupe. Une série d'autres, de moindres dimensions, ont été taillées perpendiculairement à la première. Ces diverses sections ont été polies sur leurs deux faces et l'on a obtenu ainsi plusieurs centaines de centimètres carrés de surface étudiable après polissage et attaque par un réactif approprié.

Une magnifique structure octaédrique à gros éléments a été ainsi mise en évidence (¹); elle est très régulière. La météorite tout entière doit donc être considérée comme un cristal unique, formé lui-même par l'entre-croisement régulier de quatre cristaux élémentaires, aplatis et groupés respectivement suivant les faces de l'octaèdre (²). Il s'est trouvé que la grande plaque dont il vient d'être question est à peu près comprise dans la zone pa^1, alors que les autres sont sensiblement perpendiculaires à un axe ternaire, ce qui facilite l'interprétation de leur structure. Les poutrelles de camacite constituent, comme d'ordinaire, l'ossature du réseau octaédrique; elles ont en moyenne 2^{mm} d'épaisseur, mais descendent par places à 1^{mm} et en atteignent souvent 3. Leur longueur est inégale, mais elle dépasse parfois 5^{cm}; leurs contours sont rectilignes ou ondulés, l'examen métallographique y met en évidence les lignes de Neumann, très régulières.

La taenite, plus dure que la camacite, et, par suite, en relief sur elle, est peu abondante; elle borde irrégulièrement les poutrelles, surtout au point de contact des petites avec les plus grandes.

L'intérêt principal se concentre sur les *champs* de couleur foncée et géné-

(¹) Cette conclusion infirme l'indication que j'ai donnée dans ma Note précédente, où j'ai parlé d'une structure ataxitique; ce premier examen avait été fait sur un petit lambeau de quelques millimètres carrés qui n'a probablement entaillé qu'un des éléments de la structure décrite ci-contre.

(²) M. Rinne pense en outre que chacun de ces cristaux élémentaires constitue une macle suivant la loi du spinelle.

ralement moirés qui sont limités par les poutrelles du réseau octaédrique; ils sont assez développés et atteignent 1cm de côté dans les sections perpendiculaires à l'axe ternaire. Rarement dans un même champ, l'orientation est uniforme; on y distingue d'ordinaire diverses plages de structure différente : 1° les unes sont formées par des bandes de taenite très minces, disposées parallèlement dans de la camacite et orientées comme la poutrelle voisine. Au milieu d'elles se rencontrent des assemblages semblables, orientés parallèlement à l'une des deux autres poutrelles limitant le champ, mais il ne s'agit pas là d'un entre-croisement régulier, comme dans le réseau octaédrique; chaque bande complexe reste identique à elle-même dans toute sa longueur; 2° les autres plages, moulant les précédentes, sont formées par des grains de camacite enveloppant de petits grains arrondis ou des arabesques de taenite. Ce sont là diverses modalités de plessite dont la description plus complète nécessite des photographies qui seront publiées dans un autre Recueil.

Il faut noter dans l'une des coupes étudiées que plusieurs champs sont occupés par de la camacite sans orientation qui, par place, empiète même sur celle du réseau octaédrique et semble en quelque sorte l'épigéniser; cette disposition a été observée non loin de la surface extérieure de la météorite, mais jamais au contact de celle-ci, j'y reviendrai plus loin.

Le seul accident minéralogique à signaler consiste en quelques grains, avec ou sans allongement, de schreibersite inclus dans les poutrelles de camacite et de gros grains de pyrrhotite entourés de schreibersite qui, à son tour, est cerclée d'une zone de camacite enveloppante (*Wickelcamacite*).

L'analyse suivante a été effectuée par M. Raoult : fer 91,13; nickel 8,39; cobalt 0,38; manganèse 0,07; phosphore 0,23; soufre 0,01; carbone 0,06; silicium, traces; total 100,25. Une autre analyse, faite dans le laboratoire de M. Guillet, a fourni : nickel 8,11; phosphore 0,18; silicium 0,06; carbone 0,07. Cette concordance de résultats montre la constance de la composition de cette météorite (1). Le phosphore se trouve à l'état de schreibersite.

Oxydation à haute température du fer nickelé. — Le découpage de ce bloc de fer météorique par le chalumeau oxy-acétylénique, le premier sans doute qui ait été effectué, a permis de faire quelques observations intéressantes pour la discussion de plusieurs questions.

---

(1) Le tungstène, le molybdène, le chrome, le vanadium et le cuivre ont été cherchés sans résultats.

Dès que la surface du fer a été entamée par le dard du chalumeau, le courant gazeux de celui-ci a entraîné au loin une gerbe d'étincelles constituées par des gouttelettes incandescentes de métal et d'oxyde, puis, une fois creusé un sillon dans la masse métallique, celui-ci s'est rapidement approfondi et, de sa partie inférieure, se sont écoulés des produits fondus, mélange d'oxyde et de métal. Il a été recueilli de ce dernier des lingots, des grains, des gouttelettes de plus en plus menues. La surface du morceau détaché et la cicatrice de la météorite elle-même ont été creusées de profondes cannelures parallèles, produites par le jet du gaz; elles sont recouvertes d'oxyde de fer magnétique fondu, imitant la croûte de la météorite, mais avec une épaisseur plus grande.

D'après les indications données par M. Piette, l'ingénieur qui a dirigé l'opération, la température moyenne du jet de chalumeau atteint 1580° C. et l'oxyde de fer magnétique fond à 1350°. L'opération n'a duré que 7 minutes; pour éviter le risque d'échauffement de la météorite, et par suite une altération possible de sa structure, la partie coupée a été maintenue sous un courant d'eau.

Après enlèvement de la croûte superficielle d'oxyde, il a été constaté que la structure octaédrique n'avait pas été modifiée. Les poutrelles de camacite finissent brusquement contre l'oxyde magnétique; elles se sont donc oxydées et ont coulé sans subir de transformation allotropique et ceci concorde avec l'observation des bords de la météorite. Berwerth a montré (¹) que l'on détruit la structure octaédrique du fer de Toluca en le recuisant à 950° C. pendant 7 heures. Dans notre expérience, une température plus élevée n'a pas compensé la brièveté de l'échauffement au contact de la surface de coupe. Si donc les transformations observées dans certains champs et dont il a été question plus haut sont dues à une action calorifique, celle-ci a dû être antérieure au passage, extrêmement rapide et court, de la météorite à travers l'atmosphère terrestre.

L'examen de la composition chimique des grenailles métalliques se prête à un autre ordre de considération; il m'a semblé qu'il pouvait éclairer une des particularités les plus intéressantes de la composition des météorites pierreuses que l'on s'accorde à considérer comme résultant de l'oxydation progressive d'un magma exclusivement métallique.

Daubrée a fait remarquer depuis longtemps (²) que tandis que le fer

(¹) Berwerth, *Sitzungsb. Wissensch. Akad. Wien.*, 114-I, 1905, p. 343.
(²) A. Daubrée, *Comptes rendus*, 61, 1866, p. 671.

métallique de toutes les météorites renferme toujours du nickel, leurs silicates n'en contiennent jamais et il a expliqué ce fait par la plus facile oxydabilité du fer par rapport au nickel. Plus récemment M. Wahl ([1]) a montré que ce fait trouve son explication dans les différences de température de formation des oxydes des deux métaux, celui dont la formation dégage le plus de chaleur devant se former le premier. En raison des deux réactions

$$\mathrm{Fe} + \mathrm{O} = \mathrm{FeO} + 64^{\mathrm{cal}},6 \quad \text{et} \quad \mathrm{Ni} + \mathrm{O\,Ni} = \mathrm{O} + 59^{\mathrm{cal}},7,$$

le nickel associé au fer métallique ne peut s'oxyder que lorsque tout celui-ci est passé à l'état d'oxyde. D'autre part, la discussion de nombreuses analyses de météorites pierreuses, effectuées avec des précautions minutieuses, a conduit M. G. T. Prior à constater ([2]) que la richesse en nickel du fer métallique qu'elles renferment varie en raison inverse de l'abondance de celui-ci et en raison directe de la teneur en fer des silicates qui l'accompagnent.

Dans notre expérience, l'oxyde magnétique convenablement débarrassé de métal ne renferme pas de nickel; l'analyse du fer nickelé extrait de cette gangue montre qu'il a une teneur en nickel variable : 16,73; 23,64 et enfin 37,07 pour 100, suivant qu'il s'agit de fins ou gros globules entraînés avec l'oxyde de fer par le jet du chalumeau, ou enfin du métal ayant coulé en un lingot au bas de la coupe.

L'expérience est donc tout à fait concluante et démonstrative de la théorie qui fait dériver les chondrites d'un même magma, où le rapport entre les métaux varierait peu, mais où la plupart des éléments seraient totalement (silicium, magnésium, calcium, aluminium) ou partiellement (fer) oxydés, le nickel se concentrant dans les dernières portions de fer restées à l'état métallique.

HYDRODYNAMIQUE. NAVIGATION. — *Sur la résistance de l'eau à la translation des carènes.* Note de M. **F.-E. Fournier**.

1. J'ai borné mes recherches expérimentales, sur cet important sujet, aux carènes de formes usuelles, ne revêtant, en principe, aucune portion cylindrique, ayant, chacune, son maître couple, sensiblement au milieu de la longueur de son plan de flottaison, une étrave, droite en grande partie,

([1]) W. A. Wahl, *Zeitsch. anorg. Chem.*, 69, 1910, p. 69.
([2]) G. T. Prior, *Min. Magaz.*, 18, 1916, p. 260.

perpendiculaire à ce plan. Soit enfin : Σ, *la surface mouillée* d'une de ces carènes, *au repos* et *en pleine charge*, lorsque son plan de flottaison est horizontal, en mer plate, par calme.

2. Ayant pris pour mesure de l'affinement de cette surface Σ : d'une part, *l'incidence latérale moyenne*, i, des *lignes d'eau* bien continues de sa *proue convexe*, à leurs extrémités sur la hauteur de son étrave droite, en rapportant cette incidence i à une constante générale de référence, $i_0 = 10°,6$; et d'autre part, le rapport, $\gamma = \frac{B}{lp}$, de la section transversale B de son maître couple, de largeur principale l, sur le plan de flottaison, et de profondeur p, au-dessous, à la surface rectangulaire circonscrite, lp, j'ai été conduit par une analyse purement expérimentale à reconnaître que la *résistance horizontale*, R_v, de l'eau à la translation, de vitesse v, de la surface Σ, a pour expression générale

$$R_v = 1,57 \frac{v^2}{g} \Sigma \Psi\left(\frac{v}{w}\right). \tag{1}$$

Dans cette expression le facteur 1,57 concerne, notamment, le *fer neuf fraîchement peint* des carènes ; g est l'accélération de la pesanteur ; et le facteur $\Psi\left(\frac{v}{w}\right)$ définit l'action réflexe de la houle satellite résultant de cette translation.

3. J'ai constaté que le facteur $\Psi\left(\frac{v}{w}\right)$ varie, avec $\frac{v}{w}$, de façons très différentes, selon que le rapport $\left(\frac{i}{i_0}\right)$ satisfait, sur la carène en question, à la relation $\left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$ ou à celle $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$. Quant à la vitesse critique w du navire, on peut en calculer la grandeur, au moyen de la formule d'interpolation

$$\frac{w}{\sqrt{L}} = 0,832\,\gamma^{1,144} \quad \text{si} \left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right); \qquad \text{ou} \qquad \frac{w}{\sqrt{L}} = 0,862\,\gamma^{0,272} \quad \text{si} \left(\frac{i}{i_0} < 1\right).$$

4. Sur chacune des carènes où $\left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$, l'expression générale du facteur $\Psi\left(\frac{v}{w}\right)$ est, *à ses vitesses v dépassant w* :

$$\Psi\left(\frac{v}{w}\right) = \left(\frac{v}{w}\right)^{0,606\left[1+\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(\frac{i}{i_0}-1\right)}\right]\left(\frac{\gamma l}{p}\right)^{0,812}}. \tag{2}$$

Tandis que sur chacune des carènes, où $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$, l'expression générale

de ce facteur est, à ses vitesses v dépassant ϖ :

$$(3)\qquad \Psi\left(\frac{v}{\varpi}\right)=1+\left[1-\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)}\right]^{\frac{1}{2}}\left(\sin\pi\frac{\varpi}{v}\right)^{4\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)}};$$

cette expression indiquant, à première vue, que la carène, dont les formes seraient *aussi favorables* que possible à sa translation, à ces grandes vitesses, de ϖ vers ∞, serait celle où i aurait pu être diminuée jusqu'à sa *limite optimum*, $i_m=\frac{i_0}{2}=5^\circ{,}3$.

5. Or il résulte des observations que : sur chacune de ces mêmes carènes, l'entretien de sa houle satellite, *toujours onéreux*, on le voit, pour la force motrice, à ces vitesses dépassant sa vitesse critique ϖ, devient, au contraire, *économique*, pour cette force motrice, à toutes ses vitesses moindres que ϖ.

6. Cette anomalie apparente peut s'expliquer, à mon sens, par les considérations dynamiques suivantes.

Le nombre des *sommets*, au-dessus du plan de flottaison du profil vertical ondulatoire de la houle satellite, dépasse toujours *d'une unité* le nombre correspondant des *creux intermédiaires*, au-dessous de ce plan. Mais, selon que le nombre des sommets est *pair* ou *impair*, c'est un *creux* ou un *sommet* qui s'y trouve, *au milieu* de ce plan, sur le maître couple. *Dans le premier cas* l'ensemble des sommets et des creux se borne à maintenir l'horizontalité du plan de flottaison; tandis que, dans le *second cas*, la tendance des *sommets* à *soulever* la carène horizontalement prédomine sur la tendance de sens opposé, des *creux intermédiaires*, dans une mesure dont l'expression est

$$(4)\qquad \frac{2\sqrt{(v-v_0)(\varpi-v)}}{\varpi-v_0},$$

s'annulant en effet, d'abord, à la vitesse v_0, provoquant l'apparition de la houle satellite, et finalement, à la vitesse $v=\varpi$, après avoir atteint, dans l'intervalle, son *maximum*, *égal à* 1, à la vitesse $v'=\frac{v_0+\varpi}{2}$, la plus économique donc du navire.

7. Mais il en est ainsi seulement sur les carènes où $\left(\frac{i}{i_0}<1\right)$, car celles où $\left(\frac{i}{i_0}\geqq 1\right)$ étant assez peu affinées pour entraîner chacune, à sa vitesse v dépassant sa vitesse critique ϖ, une *proue fluide*, par obstruction, en *avant de son étrave*, et une *poupe fluide*, par dépression, en *arrière de son étambot*, ce qui explique la forme exponentielle de la formule (2); l'apparition de sa

houle satellite s'y produit sensiblement, alors, dès sa mise en marche, c'est-à-dire à une vitesse v_0 *négligeable*.

J'ai reconnu que, sur chacune de ces carènes, la mesure dans laquelle la tendance des *sommets* de cette houle satellite à la *soulever horizontalement*, prédomine sur la tendance opposée de ses *creux intermédiaires* a pour expression

$$\sin \pi \left(\frac{v}{w}\right)^{\frac{\log 2}{1-\log\left(\frac{v'}{w}\right)}}, \tag{5}$$

s'annulant d'abord à la vitesse $v = 0$ et, finalement, à la vitesse $v = w$, après avoir passé par son *maximum, égal à* $\sin\frac{\pi}{2} = 1$, à la vitesse v', la plus économique donc, du navire, satisfaisant à la formule d'interpolation

$$\frac{v'}{w} = \frac{\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(\frac{i}{i_0} - 1\right)}}{\gamma^{0,08571}}. \tag{6}$$

8. Ces considérations m'ont conduit, en dernière analyse, aux deux expressions générales suivantes et inédites :

$$\Psi\left(\frac{v}{w}\right) = 1 - 0,04\left(\gamma\frac{l}{\beta}\right)^{1,326} \sin \pi \left(\frac{v}{w}\right)^{\frac{\log 2}{1-\log\left(\frac{v'}{w}\right)}}, \quad \text{si} \quad \left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right), \tag{7}$$

$$\left\{\begin{array}{l} \Psi\left(\frac{v}{w}\right) = 1 - 0,6256\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}\left[\frac{2\sqrt{(v - v_0)(w - v)}}{w - v_0}\right], \\ \qquad\qquad \text{si} \quad \left(\frac{i}{i_0} < 1\right); \end{array}\right. \tag{8}$$

précisant dans quelles mesures les formes des carènes en question peuvent utiliser leurs forces motrices disponibles pour assurer leur translation, dans les conditions les plus économiques, ou les moins onéreuses, compatibles avec l'affinement de ces formes et la vitesse du navire, à soutenir, *en mer plate, par calme*.

9. Les causes dynamiques de ces deux formules (7) et (8) seront reproduites textuellement, mais celles des formules (2) et (3) seront plus complètement exposées ultérieurement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'importance physiologique du nickel et du cobalt.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Hirosi Nakamura.**

Lorsqu'il a été reconnu par l'un de nous en collaboration avec Macheboeuf que les organes de l'homme et des animaux renferment normalement de très petites quantités de nickel et de cobalt (¹), la question s'est posée de savoir si ces métaux étaient de simples impuretés de la matière vivante ou bien s'ils remplissaient un rôle physiologique quelconque, comparable, par exemple, à ceux du fer et du zinc.

Des expériences furent alors poussées dans plusieurs directions à la fois. Contrairement à toute attente, celles qui donnèrent les premiers résultats furent celles qui, ayant pour objet de rechercher une fonction physiologique spéciale du nickel et du cobalt, permirent de démontrer l'existence d'une relation entre les deux métaux, le pancréas et l'insuline (²).

Tandis que se développaient ces premières expériences, nous étions occupés à rechercher, par la méthode d'alimentation synthétique, si le nickel et le cobalt intervenaient, au moins d'une manière globale, dans les processus nutritifs et les phénomènes de croissance. Malgré l'extrême petitesse des proportions de nickel et de cobalt, de l'ordre de quelques centièmes de milligramme par kilogramme de matière vivante, avec lesquelles nous avions affaire, nous étions encouragés dans cette voie par les résultats obtenus au cours des années précédentes en appliquant la méthode à l'étude du zinc et du fer (³).

On se rappelle le principe de cette méthode : des souris d'une même portée sont séparées de leur mère à l'âge de trois semaines, c'est-à-dire au moment où il est possible de les sevrer, et partagées en deux lots. Celles du premier lot sont nourries avec un mélange de substances organiques et minérales minutieusement purifiées, celles du second avec le même mélange additionné d'une quantité connue et très petite des métaux en expérience. On note les différences qui peuvent se manifester et l'on renouvelle l'expérience un certain nombre de fois, de manière à obtenir de bonnes moyennes.

Les substances organiques (fécule, lactose, caséine, etc.) et minérales (chlorure de sodium, phosphates, etc.) ont été débarrassées de toute trace

---

(¹) Gab. Bertrand et Macheboeuf, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1380 et 1993.

(²) Gab. Bertrand et Macheboeuf, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1305 et 1504, et **183**, 1926, p. 5 et 257.

(³) Gab. Bertrand et B. Benzon, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 289. — Gab. Bertrand et H. Nakamura, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 129.

de nickel et de cobalt par les mêmes procédés que ceux utilisés antérieurement pour obtenir ces substances exemptes de zinc et de fer; mais, afin d'avoir le maximum de garantie, les purifications ont été multipliées un plus grand nombre de fois encore. Il nous a fallu, comme on peut aisément le concevoir, beaucoup de soin et de temps pour préparer le stock de substances nécessaires à l'alimentation de nos animaux.

Nos expériences ont porté sur 35 souris provenant de cinq portées. Six souris sont mortes d'inanition, par défaut d'accoutumance au régime artificiel auquel nous les soumettions. Il en est donc resté 29, divisées en autant de séries qu'il y avait de portées.

La formule de mélange alimentaire, façonné en petits pains cuits au four, est restée la même que dans les expériences antérieures, à cela près qu'elle comportait toujours du zinc et du fer. On lui a seulement ajouté, pour les souris du second lot, $0^g,0025$ de chlorure de nickel et $0^g,001$ de sulfate de cobalt par kilogramme (1).

Voici le tableau des résultats obtenus :

		Poids des souris au début.	Poids des souris à la mort.	Aliment consommé.	Survie en jours.
SÉRIE A. — *Débutant le* 11 *juillet* 1926, *avec des souris blanches nées le* 20 *juin* 1926 (âgées de 21 jours).					
		g	g	g	
Sans nickel ni cobalt.	N° 1 (femelle).....	5,50	4,50	22,2	22
	N° 2 (femelle).....	4,95	4,25	22,3	24
	N° 3 (mâle).......	4,80	4,30	18,9	22
Avec nickel et cobalt.	N° 5 (mâle).......	5,40	5,35	29,7	26
	N° 6 (mâle).......	5,05	4,90	26,1	24
	N° 7 (femelle).....	4,60	3,95	15,9	22
SÉRIE B. — *Débutant le* 15 *juillet* 1926 *avec des souris blanches nées le* 24 *juin* 1926 (âgées de 21 jours).					
Sans nickel ni cobalt.	N° 9 (mâle)......	7,20	6,10	27,5	23
	N° 10 (femelle)....	6,00	5,30	21,3	18
	N° 11 (mâle)......	5,90	5,60	23,4	20
Avec nickel et cobalt.	N° 12 (femelle)....	6,80	6,00	26,5	21
	N° 13 (femelle)....	6,50	6,05	25,0	20
	N° 14 (femelle)....	5,65	5,30	28,2	27
	N° 15 (mâle)......	7,75	5,95	28,3	26

(1) En se basant sur des analyses d'aliments végétaux et notamment de céréales (GAB. BERTRAND et MOKRAGNATZ, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 554).

		Poids des souris au début.	Poids des souris à la mort.	Aliment consommé.	Survie en jours.
Série C. — *Débutant le 9 août 1926 avec des souris blanches nées le 19 juillet 1926* (âgées de 21 jours).					
Sans nickel ni cobalt.	N° 16 (mâle)......	8^g^,20	6^g^,70	32^g^,5	19
	N° 18 (femelle)....	6,35	5,50	27,8	19
Avec nickel et cobalt.	N° 19 (femelle)....	7,60	5,90	40,6	27
	N° 20 (femelle)....	6,90	6,20	26,6	20
	N° 21 (mâle)......	6,25	5,80	32,9	20
Série D. — *Débutant le 9 août 1926 avec des souris blanches nées le 19 juillet 1926* (âgées de 21 jours).					
Sans nickel ni cobalt.	N° 22 (mâle)......	7,65	6,90	30,2	24
	N° 24 (femelle)....	6,95	5,60	24,4	20
Avec nickel et cobalt.	N° 25 (femelle)....	7,20	5,90	30,5	20
Série E. — *Débutant le 11 décembre 1926 avec des souris blanches nées le 20 novembre 1926* (âgées de 21 jours).					
Sans nickel ni cobalt.	N° 28 (mâle)......	8,40	6,70	32,8	21
	N° 29 (femelle)....	7,70	6,20	26,0	20
	N° 30 (mâle)......	8,90	7,80	28,9	14
	N° 31 (mâle)......	5,50	5,30	13,2	10
Avec nickel et cobalt.	N° 32 (femelle)....	8,40	7,20	40,6	22
	N° 33 (mâle)......	7,70	5,00	37,7	28
	N° 34 (mâle)......	7,10	5,70	27,9	22
	N° 35 (femelle)....	6,60	5,50	28,6	22

En résumé, nous avons eu 14 souris alimentées sans nickel ni cobalt dont la survie moyenne a été 19 jours $\frac{7}{10}$ et 15 souris ayant reçu du nickel et du cobalt dont la survie moyenne a été de 23 jours $\frac{4}{10}$.

Nous avons constaté, en outre, que les souris nourries avec le mélange nutritif additionné de nickel et de cobalt avaient fixé une partie de ces métaux dans leurs tissus. Les ayant vidées de leur tube digestif après la mort et analysées, nous avons trouvé, en moyenne :

Chez les souris alimentées.	Nickel par souris.	Nickel par kil. sec.	Cobalt par souris.	Cobalt par kil. sec.
Sans nickel ni cobalt...	0^mg^,0004	0^mg^,047	0^mg^,00035	0^mg^,025
Avec nickel et cobalt...	0^mg^,0027	0^mg^,198	0^mg^,00085	0^mg^,065

Ces résultats démontrent d'une manière directe l'intervention du nickel et du cobalt dans l'ensemble des phénomènes nutritifs. On ne remarquera pas sans intérêt qu'il a suffi de quelques centièmes de milligramme de ces deux métaux ajoutés aux aliments pour augmenter la survie des animaux en expérience de 17 pour 100 environ; encore faut-il noter qu'une partie seulement (à peu près un dixième) avait été retenue par l'organisme ([1]).

MÉDECINE. — *L'échauffement des tissus par les courants de haute fréquence.* Note ([2]) de M. **D'ARSONVAL.**

Dans des Communications antérieures, dont la première *imprimée* figure aux *Comptes rendus de la Société de Biologie* du 25 avril 1891, j'ai signalé les remarquables effets physiologiques des courants de haute fréquence, effets déjà exposés *oralement* dans mes leçons du Collège de France de 1889-1890.

Dans de nombreuses Notes, j'ai fait connaître à l'Académie les résultats de mes recherches successives et décrit les moyens employés pour produire et appliquer pratiquement ce genre de courants en clinique ([3]).

Parmi les nombreux effets physiologiques que j'ai signalés, celui qui a le plus frappé les médecins et leurs clients, c'est l'énorme quantité de chaleur que le passage de ces courants développe dans les tissus qu'ils traversent.

Cette sensation est la seule perçue et la seule qui limite l'intensité supportable par le sujet en expérience.

J'ai montré qu'on pouvait par ce moyen détruire tous les tissus et pratiquer sur l'animal des amputations de membres entiers qui s'éliminaient ensuite aseptiquement, la cicatrisation se faisant spontanément et sans suppuration ([4]).

Le professeur autrichien Moriz-Benedikt, de Vienne, a proposé en 1899 (*Wiener Medicinische Wochenschrift*, n° 5, 1899) d'appeler *d'Arsonvalisation* ce nouveau mode d'électrisation par analogie avec les vocables déjà employés par les électrothérapeutes : *Franklinisation, Voltaïsation, Galvanisation, Faradisation.*

([1]) On trouvera plus de détails dans le Mémoire qui paraîtra ultérieurement dans un autre Recueil.

([2]) Séance du 18 juillet 1927.

([3]) *Comptes rendus*, **116**, 1893, p. 1530; **117**, 1893, p. 37; **123**, 1896, p. 18; **133**, 1901, p. 1297; **138**, 1904, p. 323 et 325; **121**, 1895, p. 145; **122**, 1896, p. 280, et *Bull. Soc. intern. Électr.*, **9**, avril 1892, p. 146; **14**, avril 1897, p. 236; 2e série, **10**, avril 1910, p. 241.

([4]) Voir *Comptes rendus*, **133**, 1901, p. 1297.

Cette dénomination a été consacrée définitivement par le Congrès international de Physiothérapie tenu à Berlin en avril 1913.

Rien d'étonnant, par conséquent, à ce que ces effets thermiques des courants de haute fréquence soient à l'heure actuelle l'objet d'un engouement général de la part des cliniciens de tous les pays, parce que leurs résultats, étant *vus et sentis immédiatement* par le médecin et par le malade, ne peuvent être contestés.

Quelque remarquables que soient ces effets thermiques de la haute fréquence, ils sont loin d'être les seuls, comme je n'ai cessé de le soutenir et de le montrer.

Ils n'expliquent pas l'action de la haute fréquence sur l'atténuation, par exemple, des cultures microbiennes et des venins *congelés* que j'ai signalée avec mon assistant Charrin en 1893 (1), pas plus que les effets généraux sur la nutrition, la circulation, les sécrétions internes, le système sympathique, l'évolution de la cellule, le changement de constitution des colloïdes organiques, etc., tous effets qu'on obtient par le passage de courants de haute fréquence n'élevant pas sensiblement la température des tissus.

Je n'envisagerai dans cette Note que les effets thermiques.

On a dit que l'échauffement des tissus par haute fréquence était dû *uniquement* à *l'effet Joule*. C'est une erreur que j'ai pu constater dès le début de mes expériences.

S'il en était ainsi la même sensation d'échauffement aux poignets devrait être éprouvée en prenant dans les mains les rhéophores et en maintenant *constante* l'intensité du courant qui traverse les membres supérieurs. Une expérience, faite en juin et juillet 1893 sur Cornu et Marey et souvent répétée sur moi-même, montre qu'il n'en est rien. Cornu, dans la Note personnelle qu'il ajoutait à ma présentation (2), constate que le courant de 800 milliampères qui traversait leurs poignets ne *produisait aucune sensation appréciable*. Quelques jours plus tard même expérience répétée sur les mêmes sujets, dans les mêmes conditions, en présence de Brown-Séquard, Bouchard, Lippmann et de quelques médecins :

Marey éprouve une sensation de chaleur aux poignets intolérable, Cornu presque rien. Depuis de nombreux cliniciens m'ont signalé le même phénomène observé sur le même malade, à des jours différents.

Pour éliminer les facteurs pouvant tenir aux variations de la circulation ou de la sensibilité du sujet j'opère tout d'abord sur un liquide chimique-

---

(1) *C. R. Société de Biologie*, 5, 1893, p. 467 et 764.

(2) *Comptes rendus*, **117**, 1913, p. 37.

ment et physiquement défini : la solution physiologique de chlorure de sodium, dans l'eau distillée à 7 pour 1000.

La solution est placée dans une petite cuve en verre de 50$^{cm^3}$ de capacité, comportant 2 électrodes parallèles en platine, de $4^{cm} \times 2^{cm}$ écartées de 2^{cm} et un thermomètre sensible *à alcool*.

L'appareil de haute fréquence est mon modèle médical classique des établissements Gaiffe muni d'un ampèremètre thermique.

Le courant est maintenu constant à 500 milliampères pendant deux minutes dans chaque expérience.

La solution est graduellement étendue d'eau distillée de résistivité égale à 420000 ohms; la résistance à la cuve étant de 60000 ohms et la constante de la cuve égale à 7. Même expérience avec de l'eau potable, du sérum de cheval et de l'urine humaine.

Les échauffements correspondant aux différentes dilutions et leurs résistances sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Solution NaCl.		Eau potable.		Sérum cheval.		Urine.	
R.	E.	R.	E.	R.	E.	R.	E.
ω	°	ω	°	ω	°	ω	°
13......	2	300......	31	50......	8	6.....	0,5
115......	10	550......	47	70......	10	16.....	2
180......	19	800......	88	175......	24	35.....	6
360......	50	1700......	68	260......	32	70.....	9
500......	60	3100......	60	550......	50	125.....	17
730......	80	5500......	31	1150......	84	450.....	82
1200......	90	9000......	16	3000......	56	1150.....	80
1500......	96	12500......	9	4500......	34	2100.....	72
2500......	80	17000......	8	10000......	12	6000.....	26
8000......	16	22000......	4	23000......	4	11000.....	10
11000......	10					21000.....	4
22000......	4					27000.....	2
30000......	3						
35000......	2						

La chaleur spécifique de ces différentes solutions est sensiblement la même : celle de l'eau, on voit que l'échauffement croît d'abord avec la résistivité de la solution, passe par un maximum et décroît ensuite pour toutes les solutions expérimentées. L'effet Joule n'explique pas cette anomalie d'un même échauffement pour une résistance variant de 13 à 35000 ohms dans le cas de la solution de NaCl de 300 à 5500 ohms pour l'eau de marne, etc.

Il y a certainement d'autres facteurs qui interviennent. Les plaques de la cuve et le liquide interposé constituent non seulement une *résistance*, mais aussi un *condensateur* qui s'échauffe par suite de phénomènes d'*hystérésis* ou de *viscosité diélectrique* à ces hautes fréquences. Pour maintenir l'intensité constante, à 500 milliampères, on fait forcément varier la fréquence.

L'échauffement du liquide traduit la somme algébrique de ces différents facteurs d'échauffement qui peuvent varier dans le même sens ou en sens contraire.

Dans le cas où le diélectrique interposé entre les électrodes est un tissu vivant, par conséquent non homogène et très complexe, ces effets s'accentuent. Je ne parle pas de l'effet Thomson (Skin-Effect), j'ai montré expérimentalement (et le calcul confirme) qu'il est négligeable en diathermie, étant donnés la grande résistivité des tissus et les fréquences usitées en médecine.

Conclusions. — *L'ampèremètre thermique ne suffit pas pour renseigner sur le degré d'échauffement des tissus en diathermie :*

Aucun inconvénient quand la partie électrisée est *sensible*. Dans ce cas la sensation du malade renseigne le médecin sur l'intensité qu'il serait dangereux de dépasser.

Il n'en est plus de même dans les cas de paralysie de la sensibilité. On peut littéralement cuire le tissu à l'insu de l'opérateur et de l'opéré, comme cela est déjà arrivé. En pareille occurrence, il faut mesurer l'échauffement du tissu à l'aide d'une des mes aiguilles thermo-électriques [1] reliée à un de mes galvanomètres à circuit mobile, ainsi que je l'ai conseillé dès le début et réalisé à l'hôpital Cochin. Je n'ai envisagé dans cette Note que l'échauffement par l'application *directe* de la haute fréquence. Dans une prochaine Communication, j'étudierai l'échauffement dans les cas d'applications indirectes : par *condensation* (chaise longue) et par *induction* (solénoïde ou cage).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'alliage d'aluminium et de silicium nommé Alpax et ses applications.* Note de MM. **Léon Guillet, de Fleury** et **Sensaud de Lavaud.**

Depuis un certain temps, l'industrie utilise un alliage d'aluminium et de silicium connu sous le nom d'*Alpax*.

---

[1] Voir Claude Bernard, *Leçons de Physiologie opératoire*, Paris, 1879, p. 469. J.-B. Baillière, éditeur.

C'est un alliage renfermant 13 pour 100 de silicium, soit la teneur qui correspond à l'eutectique du diagramme Al — Si. Mais cet alliage n'a de propriétés intéressantes que si, avant coulée, il est affiné par un fondant, notamment soit par les fluorures et chlorures alcalins, soit par un peu de sodium. Dans ces conditions on obtient sur pièces moulées :

$$R = 18 \text{ à } 20 \text{ kg/mm}^2; \qquad A \text{ pour } 100 = 3 \text{ à } 10.$$

L'alliage possède alors la structure très fine caractéristique de l'eutectique; sans affinage, le microscope indique des grains de silicium assez volumineux répandus sur un fond d'aluminium.

D'autre part, cet alliage possède une densité à 20° : 2,65.

En outre il présente, à la coulée, un très faible retrait, ce qui le rend fort intéressant sous forme de moulage.

Mais le recuit de l'alliage, même à température relativement basse, produit des phénomènes de coalescence et l'alliage voit diminuer ses propriétés mécaniques.

Il a paru intéressant, à l'un de nous de rechercher l'influence de la vitesse de refroidissement au moment même de la coulée sur les propriétés mécaniques de l'alliage non affiné ou affiné.

Les expériences ont été poursuivies de la façon suivante : le métal était prélevé dans le bain fondu avec une canne en fer, préalablement chauffée et ayant un diamètre extérieur de 40^{mm} et un diamètre intérieur de 15^{mm}. La canne était plongée dans le bain de refroidissement.

Voici quelques-uns des résultats trouvés :

Température de coulée.	Refroidissement.	Dureté à la bille (¹) Δ.	Traction (²) R.	Traction (²) A %.	Résilience (³) ρ.
		1° Sur alliage non affiné.			
575°	Eau à + 20°	59	19,9	3	1,6
	Air sans mouvement	47	11,3	1,5	0,2
775°	Eau à + 20°	60	21,2	3,0	1,7
	Air calme	43,5	12,1	1,5	0,3

(¹) Sous charge de 500 kg/mm² avec bille ayant 10^{mm} de diamètre.

(²) Sur éprouvette ronde ayant $13^{mm},8$ de diamètre et 100^{mm} de longueur utile.

(³) Sur éprouvette de 10×10^{mm} avec entaille de 2×2^{mm} à fond rond.

Température de coulée.	Refroidissement.	Dureté à la bille Δ.	Traction R.	Traction A %.	Résilience ρ.
	2° Sur alliage affiné par 0,5 pour 100 de sodium.				
575°	Eau à + 20°	68,5	27,0	9,0	3,3
	Air calme	45,0	11,3	0,7	0,3
775°	Eau à + 20°	65,5	25,9	5,2	2,0
	Air calme	53,5	18,2	3,7	1,1
	3° Sur alliage affiné par 1 pour 100 de sodium.				
575°	Eau à + 20°	66,0	27,9	8,2	2,3
	Air calme	50,0	14,6	2,2	0,4
775°	Eau à + 20°	66,5	24,6	5,2	2,0
	Air calme	54,0	19,2	3,5	0,4

Ces quelques chiffres montrent, aux écarts probables près assez importants d'une expérience à l'autre, l'influence considérable de la température de coulée; l'influence très nette de la vitesse de refroidissement; l'action très remarquable de l'affinage; le métal n'ayant pas subi l'action du sodium n'a jamais donné, même avec brusque refroidissement, les résultats du métal affiné et refroidi dans l'eau.

Les résistances et allongements trouvés dans l'alliage affiné par 1 pour 100 de sodium et refroidis dans l'eau sont tout à fait remarquables, étant donnée la densité de ce produit métallurgique.

Le grand intérêt présenté par cet alliage est dû à son caractère d'eutectique qui donne des facilités dans la préparation des pièces moulées et dans la sécurité d'emploi de ces pièces.

Nous avons l'honneur de présenter à l'Académie un exemple tout à fait typique : il s'agit d'un châssis d'automobile coulé en une seule pièce par les Fonderies et Forges de Crans (Haute-Savoie).

Voici les caractéristiques de ce châssis monobloc :

Poids : 160^{kg} (on étudie encore sa diminution).

Puissance du moteur qui l'actionnera : 10 chevaux, 6 cylindres.

Poids total de la voiture finie : 800^{kg} (alors que le poids normal d'une voiture 16 chevaux est d'environ 1500^{kg}).

CAPILLARITÉ. — *Formes que prend la myéline au contact de l'eau.* Note (¹) de M. G. Friedel.

La myéline (²), examinée entre nicols, offre tous les caractères des corps *smectiques*. Comme les savons ou l'acide bromophénanthrène-sulfonique de Sandqvist (S), elle est capable d'absorber de l'eau d'une manière continue, sans cesser d'avoir, à la température ordinaire entre deux limites d'hydratation A et B, l'état smectique. A est ici le corps anhydre, et par suite l'état cristallin, qui, pour (S) par exemple, se montre au-dessous de A, n'existe pas. Au-dessus de B, le corps atteint directement, comme les savons, l'état liquide amorphe, sans passer par l'état nématique comme le fait (S). Tout comme les savons, la myéline plus ou moins hydratée peut être considérée comme une dispersion colloïdale dans laquelle, tant que l'hydratation est inférieure à B, l'eau est dispersée dans le corps smectique qui impose à l'ensemble sa structure smectique; tandis qu'au-dessus de B, c'est le corps smectique qui est dispersé dans l'eau, et c'est l'eau qui impose à l'ensemble sa structure amorphe.

Lorsqu'on met la myéline au contact de l'eau pure, elle s'hydrate par la surface et se couvre d'excroissances dues, vraisemblablement, au gonflement. Ces excroissances ne sont pas, comme on l'a dit et répété, des tubes mais, au moins dans tous les cas que j'ai pu observer, des boudins pleins. Entre nicols, ils sont biréfringents, s'éteignent parallèlement et normalement à leur axe, et montrent dans les autres positions deux bandes claires à allongement négatif, l'axe optique (qui est positif comme dans tous les corps smectiques) rayonnant autour de l'axe d'allongement. Entre ces deux bandes claires, une bande sombre marque l'axe du boudin. Elle n'a aucun rapport avec un vide intérieur et provient simplement de ce que les éléments uniaxes qui se projettent sur l'axe du cylindre sont parallèles à l'axe du microscope. Il résulte de cette disposition rayonnante des axes optiques que la surface normale à l'axe optique, qui est celle suivant laquelle les

---

(¹) Séance du 25 juillet 1927.

(²) Les échantillons de myéline sur lesquels ont porté mes observations (myéline extraite du cerveau de chien et purifiée d'une assez grande quantité de cholestérine qu'elle contenait d'abord) m'ont été donnés par M. Nageotte, à qui je dois d'autant plus de gratitude que, dès le début, nos observations se sont trouvées en complète discordance. Voir la Note de M. Nageotte, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 44.

molécules sont alignées et qui dans tous les corps smectiques correspond à un minimum très brusque et très accentué de la viscosité, a une forme cylindrique. C'est en raison de ce minimum que les gouttes rectilignes signalées par Grandjean s'écoulent, sur un clivage cristallin qui les oriente, facilement dans la direction normale à l'axe optique, difficilement et en restant étroites dans la direction de l'axe optique. Les boudins qui se font dans l'hydratation de la myéline, à cela près qu'ils ne sont pas aplatis sur un support mais libres dans l'eau, et sensiblement de révolution, sont identiques aux écoulements sur cristaux observés par Grandjean.

Ainsi les propriétés générales des corps smectiques expliquent parfaitement pourquoi une première pustule, formée par le gonflement dû à l'hydratation, tend à s'allonger indéfiniment en un cylindre dans lequel la myéline s'écoule par couches concentriques. On comprend aussi comment le moindre défaut d'homogénéité (inégalités locales d'hydratation par exemple), en gênant le glissement régulier des couches cylindriques les unes sur les autres, peut déterminer l'incurvation, l'enroulement, souvent le pliage brusque à 180° des boudins de myéline. C'est surtout ce pliage en U qui, en montrant entre les deux branches de l'U un intervalle simulant plus ou moins le vide intérieur d'un tube, a fait qualifier de tubes les cylindres pleins. Au surplus, il n'y a pas d'impossibilité à ce que les boudins soient parfois creux. Mais pour ma part, sur des centaines, je n'en ai jamais vu que de pleins.

Il se forme ainsi autour de la myéline, au contact de l'eau, une couronne de ces boudins. Avec une préparation un peu épaisse, à bords bien nets, on voit se faire, autour de la zone des boudins, une seconde couronne composée de formations semblables à celles que M. Nageotte a décrites dans la Note précitée (*fig.* II notamment). Seulement, au lieu d'être très petites et difficiles à observer comme c'est le cas dans les conditions d'observation de M. Nageotte, les formations à stries circulaires sont alors très grosses et faciles à observer aux faibles grossissements, ce qui permet de les examiner aisément sous le microscope à platine basculante. On constate ainsi qu'il ne s'agit en aucune façon de sphères, mais bien, comme cela semblait d'ailleurs ressortir des photographies, de simples *gouttes à gradins*, généralement très plates, et appliquées sur le verre inférieur. De telles formations sont bien connues dans les corps smectiques. Elles se forment surtout à l'extrémité de boudins fins qui semblent s'avancer dans l'eau plus vite et plus loin que les gros. Dès que l'extrémité, parfois aussi un bord, de ces cylindres vient au contact du verre, la myéline s'étale sur celui-ci en donnant naissance à une goutte à gradins. Il n'y a d'ailleurs aucune raison de croire

que les gradins soient d'épaisseur constante, ni qu'ils préexistent dans la myéline et puissent être qualifiés de « lames élémentaires ». Ils sont sans doute, comme ceux de toutes les gouttes à gradins smectiques, d'épaisseurs très variées, bien entendu toujours multiples de l'équidistance des strates de molécules, mais multiples quelconques.

On devait être tenté de mettre en relation la forme générale tubulaire de la gaine de myéline des nerfs et la forme cylindrique, supposée tubulaire, des protubérances constituées spontanément par la myéline au contact de l'eau. Ce rapprochement, si intéressant en apparence, est malheureusement illusoire. Les boudins (parfois peut-être tubes?) sont en effet essentiellement temporaires. Ils ne sont pas une des structures des corps smectiques, mais existent uniquement au contact entre les deux phases, l'une smectique, l'autre amorphe, qui résultent, comme nous l'avons dit, de l'hydratation de la myéline. Ils se forment toujours, au début, entre la myéline et l'eau pure. Mais la masse finit nécessairement, au bout d'un temps plus ou moins long, par s'homogénéiser. Si alors la proportion d'eau dépasse la limite B, toute la myéline smectique disparaît et il ne subsiste qu'une solution colloïdale amorphe. Si la proportion d'eau reste inférieure à B, l'ensemble redevient tout entier smectique, comme avant l'addition de l'eau, et montre alors les structures ordinaires des corps smectiques, c'est-à-dire la structure à coniques en plages enchevêtrées; ou la structure homéotrope, avec axe optique normal à la surface; ou ce que Lehmann a appelé « stries huileuses ». Dans cette transformation les boudins se changent généralement en stries huileuses, mais ne peuvent être confondus avec elles, dont la structure est tout autre. Dans tous les cas, les boudins (ou tubes) ne sauraient subsister. Ils ne sont qu'un épisode éphémère de l'hydratation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du lactose.*

Note [1] de MM. **Amé Pictet** et **H. Vogel**.

Nous avons montré, dans une Note précédente [2], que l'on peut obtenir le maltose en chauffant dans le vide un mélange de glucose α et de glucose β. Ce procédé si simple nous a paru pouvoir se prêter à la synthèse d'autres disaccharides, et nous nous sommes empressés de nous en assurer. L'expé-

(1) Séance du 25 juillet 1927.

(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1512.

rience a répondu à notre attente; en remplaçant dans notre première opération le glucose α par le galactose β, nous avons pu obtenir une certaine quantité de lactose.

Après avoir préparé le galactose β en suivant les indications de C. Tanret [1], nous l'avons mélangé à un poids égal de glucose β et à un peu de chlorure de zinc, et nous avons chauffé le tout sous une pression de 15mm de mercure. A 145-150° le mélange fond, puis il se boursoufle en perdant de la vapeur d'eau et en se solidifiant peu à peu. Après avoir maintenu la substance pendant une demi-heure à 175° et avoir constaté qu'elle avait perdu 5-6 pour 100 de son poids, nous l'avons dissoute dans l'eau, et après addition d'un peu de carbonate d'argent destiné à précipiter à la fois le chlore et le zinc, nous avons évaporé à sec la liqueur filtrée. Le résidu a été immédiatement chauffé avec de l'anhydride acétique et de l'acétate de soude, et le produit cristallisé dans un mélange de chloroforme et d'alcool jusqu'à point de fusion constant. Rendement 14 pour 100 en acétate pur.

Cet acétate a été ensuite saponifié par le méthylate de sodium, selon le procédé de Zemplen. Nous avons obtenu, après cristallisation dans l'alcool faible, un sucre de la formule $C^{12}H^{22}O^{11}.H^2O$, présentant les propriétés suivantes :

Petits cristaux incolores, de saveur à peine sucrée, assez peu solubles dans l'eau froide et dans l'alcool à 70 pour 100, insolubles dans l'alcool absolu.

Point de fusion 201° (lactose 202-203°, mélange 202°).

Pouvoir rotatoire en solution aqueuse :

$$c = 2,7520, \quad l = 2, \quad t = 23°$$

α après 10 minutes......	+4°,44	$[\alpha]_D$ + 80°,67
» 40 »	4,00	72,67
» 1 heure........	3,86	70,13
» 5 heures.......	2,98	54,14
» 24 »	2,85	51,78

Tollens et Parcus [2] ont trouvé pour le lactose + 82°,9 après 8 minutes, et + 52°,5 après 24 heures. D'autres auteurs indiquent 80°,0 et 80°,68 pour le pouvoir rotatoire initial, 50°,28 et 51°,9 pour le pouvoir final.

L'*osazone* de notre sucre est soluble dans l'eau chaude, et s'y dépose par

---

(1) *Bull. de la Soc. chimique*, 3e série, **15**, 1896, p. 199.
(2) *Liebigs Annalen*, **257**, 1896, p. 170.

refroidissement en aiguilles jaune vif, groupées en étoiles. Point de fusion 200° (lactosazone 201°, mélange 201°).

L'*acétate* est en tables microscopiques. Il est presque insoluble dans l'éther, très peu soluble à froid dans l'alcool, beaucoup plus à chaud, très soluble dans le chloroforme. Il fond à 85°, le β-octo-acétate de lactose à 84-85°, le mélange des deux corps à 84-85°.

Le *nitrate* de notre sucre cristallise dans l'alcool en petites tables; il présente les mêmes solubilités que l'acétate. Son point de fusion est situé à 144°, celui de l'octonitrate de lactose à 145°, celui de leur mélange à 145°.

Ces chiffres suffisent, croyons-nous, à prouver l'identité de notre sucre avec le lactose.

On voit donc que le sucre de lait peut être reproduit artificiellement par combinaison directe du galactose et du glucose, à condition que ce dernier se trouve sous sa forme β. C'est la même condition qu'avait exigée la synthèse du maltose. L'explication que nous pensons pouvoir donner de ce fait curieux sera publiée dans un autre Recueil.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un nouveau spirochète sanguicole pathogène* (Sp. Normandi) *transmis par un Ornithodore* (Orn. Normandi), *hôte des terriers de rongeurs nord africains.* Note de MM. **Charles Nicolle, Charles Anderson** et **Jacques Colas-Belcour.**

L'Ornithodorus Normandi a été découvert aux alentours du Kef (Tunisie) dans des terriers de rongeurs par H. Normand, puis étudié, décrit et dénommé par F. Larrousse. Nous avons retrouvé cette tique, avec A. Weiss, à Carthage; E. Gobert a reconnu son existence à Gabès. Avec H. Normand et A. Weiss, nous avons établi que les terriers, dans lesquels l'*Orn. Normandi* est le plus ordinairement rencontré, appartiennent à une gerbille, commune et répandue dans la Tunisie, *Meriones Shawi.*

Ayant broyé six ornithodores en provenance du Kef, nous avons reconnu, dans le produit examiné à l'ultramicroscope, au milieu de globules rouges appartenant à des mammifères et à des sauriens, la présence d'un spirochète. Le même produit, inoculé à des souris blanches, les a infectées. Ce sont les premiers points, acquis dans l'étude de ce spirochète nouveau, que nous allons exposer. Nous lui avons donné le nom de *Sp. Normandi.*

Maladie expérimentale. — L'animal le plus visiblement sensible est la *souris blanche.* Chez elle, l'infection se traduit par une série d'accès à

spirochètes, séparés par des intervalles où l'on n'en voit pas; mais pendant lesquels le sang demeure virulent. Le nombre des accès est généralement de quatre à cinq; la durée de l'infection paraît dépasser un mois. Les passages sont aisés. La souris se présente, à la fois, comme l'animal réactif et l'animal d'entretien du virus. *Le rat blanc* est très peu sensible. Le *cobaye* paraît réfractaire. Le mérion (*M. shawi*) offre une sensibilité plus clairement évidente que vis-à-vis des autres spirochètes des fièvres à tiques étudiés par nous, c'est-à-dire que l'examen ultramicroscopique du sang y montre plus souvent des spirochètes visibles. Un *singe* (bonnet chinois), inoculé sous la peau, a fait une fièvre récurrente à quatre accès, avec présence de spirochètes. Résultats négatifs chez un moineau et deux lézards (gongyles).

Mode de transmission naturel. — Trois lots d'ornithodores de Normand, recueillis aux alentours du Kef à des dates différentes, du 26 mai au 1er juillet, et constitués par des nymphes et quelques adultes, ont transmis, par *leurs piqûres*, l'infection à des mérions, reconnus auparavant indemnes, sur lesquels ils ont été nourris. En outre, nous avons recueilli à Carthage, avec A. Weiss : d'une part un mérion naturellement infecté, d'autre part, au voisinage du point où ce mérion avait été capturé, des ornithodores dont les *piqûres* ont infecté un mérion neuf.

L'*Ornithodorus Normandi* est donc l'agent de transmission naturel du *Sp. Normandi* et le mérion le réservoir ordinaire du virus, en Tunisie.

Un essai sévère de transmission de singe à singe par l'intermédiaire de poux humains a échoué.

Position du Sp. Normandi dans le groupe des spirochètes sanguicoles. — Le nouveau spirochète se distingue de celui de la récurrente mondiale par la netteté et la durée de l'infection qu'il détermine chez la souris, par sa transmission par un ornithodore et sa non-transmission par les poux. Il se différencie du spirochète de la récurrente espagnole par sa non-transmission expérimentale par les poux et son absence de pouvoir pathogène pour le cobaye, animal réactif du spirochète espagnol. Il se rapproche des spirochètes de la fièvre des tiques (Dutton) et de la musaraigne que nous avons montré tout à fait voisins l'un de l'autre, sinon identiques; mais il se sépare d'eux par son faible pouvoir pathogène pour le rat et par son pouvoir pathogène plus net pour le mérion. Des expériences de vaccinations réciproques ont été mises en train, afin de préciser plus exactement la parenté ou la différence de ces virus; les premiers résultats confirment la spécificité du spirochète de Normand.

Portée pratique des faits acquis. — Nos constatations montrent l'existence, dans les couches superficielles du sol tunisien au voisinage des régions habitées, d'un ornithodore convoyeur d'un spirochète pathogène. La même tique ou des tiques voisines seraient à chercher dans les terriers des pays où l'on a constaté l'existence de spirochètes analogues, en particulier à Dakar (*Sp.* de la musaraigne). D'autre part la transmission, à titre accidentel au moins, du spirochète de Normand à des indigènes, couchant au contact du sol et exposés aux piqûres de l'*Ornithodorus Normandi* est à suspecter (F. Larrousse a constaté, sur lui-même, que cette tique pique l'homme). C. Mathis, sans connaître l'agent de transmission du spirochète de la musaraigne, a déjà émis, avec beaucoup de perspicacité, une semblable opinion au sujet de la contamination possible de notre espèce par ce spirochète.

CORRESPONDANCE.

M. le sénateur **Y. Hijikata**, membre de l'Académie japonaise, adresse l'expression de la profonde reconnaissance de l'Université de Tokio pour le concours que l'Académie a apporté à la reconstitution de sa bibliothèque détruite en 1923.

M. **Louis Ravaz**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

Le secrétaire général de l'**Union astronomique internationale** annonce que la prochaine assemblée générale de cette association aura lieu à Leiden, le 5 juillet 1928 et les jours suivants.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les pôles des fonctions analytiques.* Note (¹) de M. **Krawtchouk**, présentée par M. Émile Borel.

Supposons que la fonction $f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots$ n'a, dans le cercle $|z| < R$, d'autres singularités que des pôles simples suivants :

$$\frac{1}{\alpha_1}, \quad \ldots, \quad \frac{1}{\alpha_p}, \quad \ldots, \quad \frac{1}{\alpha_{p+q}}, \quad \ldots, \quad \frac{1}{\alpha_r}. \tag{1}$$

(¹) Séance du 18 juillet 1927.

On peut trouver [1] les conditions nécessaires et suffisantes pour que les pôles (1) soient réels. Ici nous voulons attirer l'attention sur le théorème suivant :

Si les nombres a_{m+1}, a_{m+2}, ... sont réels, alors pour l'indice m, assez grand, les formes quadratiques

$$\sum_{i,j=0}^{r-1} a_{m+1+i+j} t_i t_j$$

et

$$\sum_{i=1}^{r} (t_0 + \alpha_i t_1 + \ldots + a_i^{r-1} t_{r-1})^2 a_i^m \lim_{z=\alpha_i^{-1}} (1 - a_i z) f(z) = \sum_{i,j=0}^{r-1} b_{m+1+i+j} t_i t_j$$

ont la même signature.

Soit

$$|\alpha_1| \geqq \ldots \geqq |\alpha_p| > |a_{p+1}| = |\alpha_{p+2}| = \ldots = |a_{p+q}| > |a_{p+q+1}| \geqq \ldots \geqq |\alpha_r|,$$

$$x_m^k = \begin{vmatrix} x_{m+1} & x_{m+2} & \ldots & x_{m+k} \\ x_{m+2} & x_{m+3} & \ldots & x_{m+k+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ x_{m+k} & x_{m+k-1} & \ldots & x_{m+2k-1} \end{vmatrix},$$

$$x_m^p \begin{pmatrix} i_1 \, i_2 \ldots i_n \\ j_1 \, j_2 \ldots j_n \end{pmatrix} = \left| \begin{array}{ccc|ccc} x_{m+1} & \ldots & x_{m+p} & x_{m+p+i_1} & \ldots & x_{m+p+i_n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ x_{m+p} & \ldots & x_{m+2p-1} & x_{m+2p+i_1-1} & \ldots & x_{m+2p+i_n-1} \\ \hline x_{m+p+j_1} & \ldots & x_{m+2p+j_1-1} & x_{m+2p+i_1+j_1-1} & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ x_{m+p+j_n} & \ldots & x_{m+2p+j_n-1} & x_{m+2p+i_1+j_n-1} & \ldots & \ldots \end{array} \right|,$$

$$\lim_{m=\infty} \varepsilon_k = 0, \qquad |A_k| > A > 0,$$

où A ne dépend ni de k ni de m. D'après les recherches classiques de M. J. Hadamard (cf., par exemple, *La série de Taylor et son prolongement analytique*, 1re édit., Chap. V; voir aussi E. Borel, *Leçons sur les fonctions méromorphes*, p. 26-32), on a

(2)
$$a_m^k = b_m^k + (\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_k)^m \varepsilon_k,$$
$$a_m^p = A_p (\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_p)^m, \qquad a_m^{p+q} = A_{p+q} (\alpha_1 \alpha_1 \ldots a_{p+q})^m.$$

---

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 178.

Par conséquent, vu l'identité connue

$$\begin{vmatrix} x_m^p\binom{1}{1} & x_m^p\binom{1}{2} & \ldots & x_m^p\binom{1}{q} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ x_m^p\binom{q}{1} & x_m^p\binom{q}{2} & \ldots & x_m^p\binom{q}{q} \end{vmatrix} = x_m^{p+q}(x_m^p)^{q-1},$$

on a, pour certaines valeurs de k et de l,

$$a_m^p\binom{k}{l} = \mathrm{A}_{p+1}(\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_p\alpha_{p+1})^m \qquad (k \leqq q,\ l \leqq q).$$

Si un au moins des déterminants $a_m^p\binom{k}{k}$, $a_m^p\binom{l}{l}$, par exemple le premier, a le module $> \left|\frac{1}{2}a_m^p\binom{k}{l}\right|$, alors on peut répéter notre raisonnement en remplaçant a_m^p par $a_m^p\binom{k}{k}$. Dans le cas contraire, de l'identité

$$x_m^p\binom{k}{k}x_m^p\binom{l}{l} - x_m^p\binom{k}{l}x_m^p\binom{l}{k} = x_m^p\,x_m^p\binom{k\ k}{l\ l},$$

on déduit

$$a_m^p\,a_m^p\binom{k\ l}{k\ l} < 0, \qquad a_m^p\binom{k\ l}{k\ l} = \mathrm{A}_{p+q}(\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_p\alpha_{p+1}\alpha_{p+2})^m,$$

ce qui permet de remplacer a_m^p par $a_m^p\binom{k\ l}{k\ l}$ pour prolonger le raisonnement. Etc.

Si l'on dénote maintenant

$$x_m^1 = \overline{x_m^1}, \qquad \ldots, \qquad x_m^p = \overline{x_m^p}, \qquad x_m^p\binom{k}{k} = \overline{x_m^{p+1}}, \qquad \ldots, \qquad x_m^r = \overline{x_m^r},$$

on parvient ainsi, vu l'égalité (2), à la conclusion suivante : si pour m assez grand on a $\overline{a_m^i}.\overline{b_m^i} < 0$, alors doit être $\overline{a_m^{i-1}}.\overline{a_m^{i+1}} < 0$, $\overline{b_m^{i-1}}.\overline{b_m^{i+1}} < 0$, ce que démontre le théorème énoncé.

A titre d'application, soit $f(z) = -[\log \mathrm{G}(z)]'$, où $\mathrm{G}(z)$ est une fonction entière ; alors pour m assez grand la signature de la forme

$$\frac{1}{a_m^p}\sum_{j=1}^{r-p} a_m^p\binom{i}{j} t_i t_j$$

est égale au nombre des quantités réelles dans la suite α_{p+1}, α_{p+2} $\ldots$, α_r.

Diverses généralisations s'imposent comme suite des recherches de Ch. Hermite sur le théorème de Sturm.

GÉOGRAPHIE. — *Sur la liaison sous-marine de l'Espagne avec le Maroc, au moyen d'un* Tunnel intercontinental. Note (1) de M. **C. Ibañez de Ibero**, transmise par M. Ch. Lallemand.

Dans une Communication faite, en janvier 1917, à l'Académie (2), M. Ch. Lallemand disait : « Par sa position géographique, qui en fait le trait d'union entre l'Europe et l'Afrique, l'Espagne semble destinée à remplir un jour, quand le continent noir se sera suffisamment outillé et enrichi, le rôle qui a fait la fortune de Constantinople, sorte de pont jeté entre l'Europe et l'Asie. Toutefois, pour remplir efficacement cette fonction de pays de transit, l'Espagne rencontrera de grosses difficultés, en raison de la différence de largeur qui existe entre la voie de ses chemins de fer et la voie normale européenne. »

C'est à la solution de ce problème que je me suis attaché depuis 1908 (3). Dans mon premier avant-projet de ligne intercontinentale Paris-Dakar, j'ai, en particulier, étudié la construction, sous le détroit de Gibraltar, d'un tunnel dont les caractéristiques seraient les suivantes :

I. *Nature du sol et profondeurs sous-marines.* — Contrairement à ce qui s'est produit dans le détroit du Pas de Calais, où, d'une part, les flots de la Manche, et de l'autre, ceux de la mer du Nord, ont, lentement et sans secousses, corrodé l'isthme qui reliait la Grande-Bretagne au Continent, ici, les deux Continents, Europe et Afrique, ont été séparés par quelque cataclysme. De sorte que si, dans le Pas de Calais, les deux rives vont en s'abaissant graduellement, pour atteindre une profondeur maxima de 66m, le détroit de Gibraltar, au contraire, présente un fond bouleversé qui, sur certains points, atteint des profondeurs de 1000m.

D'autre part la Manche offre encore, au point de vue de la nature du fond, un autre avantage : l'existence d'une couche de craie argileuse, qui s'étend sur toute la largeur du détroit. Cette craie, assez tendre pour se laisser travailler, est assez résistante pour ne pas s'ébouler, et l'argile qu'elle contient la rend imperméable. Dans le détroit de Gibraltar par contre, on trouve un fond rocheux très compact, mais d'un travail difficile et fort coûteux.

---

(1) Séance du 25 juillet 1927.

(2) *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 210.

(3) *Un Tunel bajo el Estrecho de Gibraltar*, 1908, Dangeon, Paris.

II. *Tracé du tunnel.* — La difficulté principale réside, avons-nous dit, dans les profondeurs considérables du détroit.

D'après les données fournies par les cartes marines de la Direction Générale espagnole d'Hydrographie, il faut renoncer à établir le tunnel dans la partie la plus resserrée du détroit, située entre Punta de Guadalmesi, du côté espagnol, et Punta de Cirés, sur la côte africaine (13800^{m} en ligne droite). En effet les profondeurs y atteignent plus de 900^{m}.

Par contre une ligne droite partant de la Baie de Vaqueros, à l'ouest de Tarifa, et aboutissant à Tanger même, sur la côte opposée, présenterait l'avantage de rencontrer des profondeurs beaucoup moindres (396^{m} au maximum). L'étude des mêmes cartes montre que le tracé offrant les profondeurs les plus réduites (310^{m}) serait compris entre Cabo Trafalgar et Punta Malabata. Mais il présenterait un développement considérable (52^{km},9). Aussi nous prononçons-nous en faveur du précédent tracé. La longueur totale du tunnel serait alors de 48^{km},2, dont 32^{km} sous-marins et 16^{km},2 en travaux d'approche.

III. *Construction du tunnel.* — On exécuterait trois galeries : tout d'abord, une galerie auxiliaire (3^{m} environ de diamètre), tracée en contrebas de la ligne du tunnel. Elle permettrait : 1° de construire le tunnel au moyen de rameaux transversaux aboutissant à l'axe; 2° d'évacuer les eaux et les déblais. Les deux autres galeries, celles du tunnel proprement dit, livreraient passage à la double voie; elles seraient de forme circulaire, mesureraient chacune 5^{m} environ de diamètre et seraient reliées de distance en distance par des galeries transversales. La ventilation se ferait d'une manière automatique. L'extraction des déblais s'opérerait par le procédé le plus moderne : les produits étant pulvérisés sur place et additionnés d'eau, pour former une sorte de pâte dont l'expulsion se ferait à l'aide de relais de pompes.

IV. *Voie.* — Elle serait double et à l'écartement normal de 1^{m},44. La traction serait électrique. La traversée du tunnel s'effectuerait en une demi-heure avec le tracé Vaqueros-Tanger, ou en trois quarts d'heure avec le tracé Trafalgar-Malabata. Au besoin, on y pourrait faire passer par jour 120 trains, portant une charge totale de 120000 tonnes.

V. *Durée et coût des travaux.* — La durée des travaux peut être évaluée à 5 ou 6 ans. Avec le premier tracé (48^{km},2) la dépense atteindrait 300 millions de pesetas. Avec le second, elle dépasserait 500 millions de pesetas.

VI. *Conclusions.* — En résumé, la réalisation du projet en question présenterait les principaux avantages suivants :

1° On ouvrirait la voie la plus rapide entre l'Europe, l'Afrique et l'Amérique du Sud.

2° Rattaché aux voies projetées du Cap au Caire et du Transsaharien, ce tunnel ouvrirait une nouvelle voie commerciale de liaison, sans transbordements, entre l'Extrême-Orient, l'Europe occidentale et le Sud Africain.

3° Ces avantages seraient surtout importants pour l'Espagne et pour la France, auxquels il faciliterait l'œuvre de mise en valeur du Maroc.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations de l'électromagnétisme.* Note (¹) de MM. **F. Gonseth** et **G. Juvet**, transmise par M. J. Hadamard.

Pour apporter plus de clarté dans la tentative qu'on a faite pour ramener la théorie du champ électromagnétique à une relativité à 5 dimensions (²), il nous semble bon de préciser que l'expression ordinaire de force pondéromotrice selon Lorentz conduit à une théorie de ce genre.

Dans l'univers E_4 de Minkowski, on a, si les ξ^i sont les composantes de l'impulsion d'univers du point mobile considéré, m sa masse au repos et e sa charge; si, de plus, les u^i sont les composantes de sa vitesse d'univers, les F^{ik} celles du tenseur représentant le champ électromagnétique, les s^i celles du courant et enfin les p^i celles de la force :

$$\text{et}\quad\begin{matrix} d\xi^i = p^i\,ds, & \xi^i = mu^i \\ p^i = -F^{ik}s_k, & s^k = eu^k \end{matrix}\qquad (i \text{ et } k = 0, 1, 2, 3)$$

et par conséquent :

$$(1)\qquad d\xi^i = -\frac{e}{m}F^i_{.k}\xi^k ds.$$

Ces équations ne peuvent pas être interprétées comme un transport à la Levi-Civita, du vecteur impulsion $\vec{\Xi}$ dans l'E_4, mais elles peuvent l'être dans un espace E_5 où l'on poserait pour la cinquième coordonnée x^4 :

$$(2)\qquad dx^4 = \frac{e}{m}ds.$$

Les composantes de la connexion affine correspondante sont alors égales

(¹) Séance du 11 juillet 1927.

(²) Cf. Kaluza, *Sitzungsber. d. preuss. Acad. d. Wiss.*, 1921, (II), p. 966-972.

soit à o, soit aux $F^{i}_{.k}$. Dans l'espace de la relativité généralisée, on a

$$(3) \qquad m\left(\frac{d^2x^i}{ds^2}+\Gamma^i_{kl}\frac{dx^k}{ds}\frac{dx^l}{ds}\right)=p^i \qquad (i=0,\,1,\,2,\,3)$$

avec, ici encore

$$p_i=-F_{ik}s^k, \qquad F_{ik}=\frac{\partial\varphi^i}{\partial x_k}-\frac{\partial\varphi_k}{\partial x_i},$$

tels que :

$$(7) \qquad \begin{cases} (\overline{x_0},\,\overline{x_1},\,\overline{x_2},\,\overline{x_3}) \text{ soient fonctions des seuls } (x_0,\,x_1,\,x_2,\,x_3) \\ \text{et} \quad \overline{x_4} \quad \text{soit fonction de } x_4 \text{ seulement;} \end{cases}$$

de plus, nous admettrons que les fonctions qui interviennent dans nos raisonnements ne dépendent pas de la variable x^4. Dans ces conditions, les équations (5) sont invariantes vis-à-vis des changements de variables (7); si l'on fait une transformation (7), on aura, pour les composantes de la connexion affine dans le nouveau système de coordonnées,

$$\overline{G}^l_{ik}=\overline{\Gamma}^l_{ik}, \qquad \overline{G}^l_{4i}=\overline{G}^l_{i4}=\overline{F}^l_{.i},$$
$$\overline{G}^k_{ik}=\overline{G}^4_{4k}=\overline{G}^i_{44}=\overline{G}^4_{44}=0.$$

Pour résumer cette Note, disons que les équations (6) expriment que :

Si l'on attache à un point matériel chargé mobile dans un champ électromagnétique et dans un champ gravifique, le vecteur dont les composantes dans l'espace à 5 dimensions sont :

$$(8) \qquad m\frac{dx^0}{ds},\quad m\frac{dx^1}{ds},\quad m\frac{dx^2}{ds},\quad m\frac{dx^3}{ds},\quad e,$$

ce vecteur se déplace parallèlement à lui-même. Cela permet de définir des systèmes inertiaux pour la gravitation et l'électromagnétisme à la fois. Ce sont des systèmes qui, dans l'E_5, sont *géodésiques* au point $(x_0,\,x_1,\,x_2,\,x_3,\,x_4)$ au sens de M. Weyl [1].

Les équations (3) s'écrivent dès lors

$$(4) \qquad d\xi^i+\Gamma^i_{kl}\xi^k dx^l+\frac{e}{m}F^i_{.k}\xi^k ds=0,$$

ou encore, en posant de nouveau,

$$(2) \qquad dx^4=\frac{e}{m}ds,$$

puis, dans l'espace $E_5(x_0,\,x_1,\,x_2,\,x_3,\,x_4)$, en prenant pour les compo-

(1) Cf. Weyl, *Temps, Espace, Matière*, p. 97. Il faut entendre que dans les expressions (8), le ds est celui de l'E_4.

santes $G^{\gamma}_{\alpha\beta}$ de la connexion affine

$$(5)\qquad \begin{cases} G^{lk}_{i} = \Gamma^{l}_{ik}, \\ G^{l}_{4i} = G^{l}_{i4} = F^{l}_{.i}, \\ G^{i}_{44} = G^{4}_{4k} = G^{4}_{ik} = G^{4}_{44}; \end{cases}$$

$$(6)\qquad d\xi^{i} + G^{i}_{\alpha\beta}\xi^{\alpha}dx^{\beta} = 0 \qquad (i = 0, 1, 2, 3),$$

les indices grecs prenant toutes les valeurs (0, 1, 2, 3, 4) tandis que les indices latins ne prennent que les valeurs (0, 1, 2, 3). La cinquième équation

$$d\xi^{4} + G^{4}_{\alpha\rho}\xi^{\alpha}dx^{\beta} = 0$$

est satisfaite identiquement, si l'on admet l'invariabilité de la charge, car

$$\xi^{4} = m\frac{dx^{4}}{ds} = e.$$

L'objet de cette Note est de formuler une relativité à cinq dimensions dont les équations fourniront les lois du champ gravifique, du champ électromagnétique, les lois du mouvement d'un point matériel chargé et l'équation des ondes de M. Schrödinger. Nous aurons ainsi un cadre dans lequel entreront les lois de la gravitation et de l'électromagnétisme, et où il sera possible de faire entrer aussi la théorie des quanta.

Les considérations précédentes et, d'autre part, le fait que nous ne connaissons pas de phénomènes où intervienne une variation de la charge (1) nous obligent à ne considérer que des changements de variables

$$(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4) \quad \text{en} \quad (\overline{x_0}, \overline{x_1}, \overline{x_2}, \overline{x_3}, \overline{x_4}).$$

PHYSIQUE. — *Appareil pour réaliser des expériences physiques ou chimiques à toutes températures variées sous des pressions liquides de* 15000 kg/cm². Note (2) de M. **James Basset**, présentée par M. C. Matignon.

L'appareil réalisé permet de produire, dans des enceintes formant chambres d'expériences, des pressions liquides permanentes, réglables depuis quelques centaines de kilogrammes jusqu'à plus de 20000kg par centimètre carré.

La figure 1 montre schématiquement le dispositif général employé pour obtenir de très hautes pressions.

(1) On pourrait peut-être utiliser les suggestions de M. L. de Broglie (cf. son Ouvrage : *Ondes et Mouvements*, p. 62).

(2) Séance du 25 juillet 1927.

Une pompe A comprime, à 1000 kg/cm² dans un réservoir auxiliaire B formant accumulateur, un liquide destiné à alimenter le pot de presse primaire C.

L'ensemble générateur de très hautes pressions se compose de la presse principale F accouplée rigidement et avec un centrage parfait sur la presse primaire C.

Le piston G de la presse porte un ajustage centré H sur lequel vient s'appuyer un piston secondaire J construit en acier extrêmement dur, traité thermiquement et rectifié à la meule pour s'ajuster parfaitement dans l'âme K de la presse principale F.

Cette presse principale est constituée par une succession d'âmes de diamètres croissants en aciers spéciaux, de qualités appropriées, subissant une série de traitements leur permettant de résister, sans déformation, aux énormes efforts auxquels ils sont soumis.

Le rapport des carrés des diamètres du piston J et du piston de presse G donne le rapport des pressions en K et C. Ces deux rapports ne sont pas rigoureusement les mêmes, les frottements du piston J intervenant pour modifier le rapport des pressions dans K et C dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'on élève ou abaisse la pression; l'erreur est de l'ordre de 2 à 5 pour 100 suivant l'importance des pressions employées, mais cette approximation est suffisante dans la plupart des cas.

Les très hautes pressions obtenues dans la chambre K sont utilisées dans les chambres d'expériences L d'une construction analogue au pot de presse F, mais spécialement aménagées pour contenir les creusets à réaction et les fours électriques nécessaires aux expériences.

La fermeture de ces chambres d'expérience est assurée par des blocs parfaitement ajustés, les joints employés donnant une étanchéité absolue. Ces blocs de fermeture sont munis d'électrodes isolées permettant d'amener du courant électrique à l'intérieur des enceintes sous pression et d'assurer ainsi un chauffage des tubes à réaction, ou de réaliser des électrolyses sous les pressions choisies.

Les chambres d'expériences L sont reliées à la chambre K par l'intermédiaires de tubulures O formées de plusieurs tubes concentriques frettés. Le trou inférieur par lequel se fait la communication entre les chambres à $\frac{70}{100}$ de millimètre de diamètre, et le diamètre extérieur du tube est de 22^{mm}.

La perfection des joints glissants est telle, que les pressions employées peuvent être maintenues pendant plusieurs jours sans qu'il soit besoin de toucher aux appareils pour compenser les fuites qui sont absolument nulles.

La figure 2 représente la photographie d'un ensemble complet avec chambre d'expériences pour fonctionnement permanent jusqu'à des pressions de 15000 kg/cm². On aperçoit derrière les cylindres les appareils pour le chauffage des fours électriques prenant place dans les chambres d'expériences. L'ensemble mesure 1m,50 de hauteur et pèse environ 300kg.

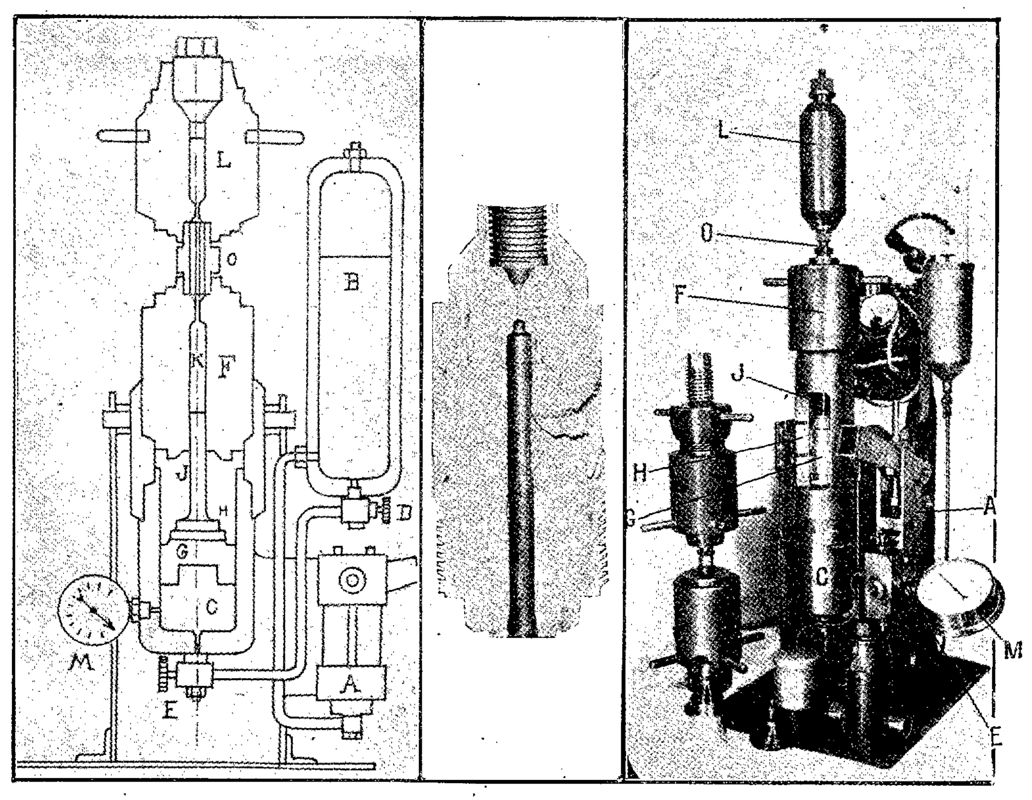


Fig. 1. Fig. 3. Fig. 2.

Les efforts formidables auxquels doivent résister les parois des chambres et des pots de presse sont illustrés par la figure 3 qui montre, lors d'un des premiers essais, un cylindre éclaté à 14000kg de pression. Le diamètre de la chambre étant de 12mm, et le diamètre extérieur du cylindre, 100mm; la limite de rupture du métal employé est supérieure à 200 kg/mm².

C'est à la suite de longs essais que les méthodes de fabrication, les qualités des aciers à employer et les détails d'assemblage et de construction ont pu être mis au point et permettent aujourd'hui l'usage de tels appareils avec une sécurité complète et sans aucun danger.

MAGNÉTISME. — *Sur la théorie du paramagnétisme.*
Note [1] de M. **B. Cabrera**, transmise par M. Pierre Weiss.

Il n'est pas douteux, empiriquement, que la propriété paramagnétique corresponde aux atomes avec des niveaux électroniques non saturés. Les cas les plus importants se produisent pendant la formation des sous-étages IV et V (M_{IV}, M_V dans le groupe du fer; N_{IV}, N_V pour le groupe du palladium; O_{IV}, O_V pour le groupe du platine) et les VI et VII (N_{VI}, N_{VII} dans les terres rares).

Les orbites de ces sous-étages sont déterminées premièrement par la structure des étages inférieurs; mais comme ces orbites forment la surface même de l'atome, ou se trouvent immédiatement au-dessous, elles sont très sensibles aux influences extérieures. L'importance des déformations produites dépend : *a*, de la rigidité de la configuration électronique elle-même, qu'on peut estimer par son énergie, E_1; *b*, de la distance entre l'atome considéré et ceux qui l'entourent, et *c*, de la nature de ces atomes. Cette dernière influence peut être éliminée en considérant toujours des corps de la même composition chimique. Évidemment, en ce qui concerne *b*, il faut tenir compte de ce que l'agitation thermique intervient, et c'est précisément celle-ci qui donne lieu à la variation de χ avec T.

Pour le cas des gaz monoatomiques, les perturbations ne se produisent que pendant les chocs. Il faut interpréter leur nature élastique, empiriquement bien établie, par le changement de l'énergie de la forme cinétique à la forme potentielle de déformation et inversement. Mais le temps pendant lequel se déroulent ces phénomènes est infiniment petit par rapport à la durée des libres parcours, de sorte que la fonction du choc se trouve réduite à fournir une manière nouvelle de changer l'orientation de l'axe magnétique de l'atome. En effet, on doit admettre que pour les configurations électroniques non saturées sont possibles des organisations différentes, avec le même moment magnétique, mais orienté de diverses façons par rapport à l'atome même. Celle qui doit se produire à chaque choc dépend des circonstances de ce dernier.

Pour les gaz polyatomiques, de même que pour les liquides et les solides, interviennent les vibrations de chaque atome autour de la position d'équilibre, dont l'amplitude est aussi fonction de la température. Dans ce cas

---

[1] Séance du 25 juillet 1927.

l'atome peut rester désorganisé pendant une fraction notable de la période de vibration, de sorte que le nombre d'atomes qui interviennent dans la susceptibilité mesurée diminue avec la température.

Pour les liquides et les solides on peut remplacer, d'après Debye, les vibrations atomiques par des systèmes d'ondes élastiques. La probabilité d'une fluctuation de l'énergie comprise entre ε_i et $\varepsilon_i + d\varepsilon$ pour un élément de volume infiniment petit est donnée par $e^{-\frac{E+\varepsilon_i}{kT}}$, donc le nombre qui intervient dans χ est donné par

$$N_1 = N\left(1 - e^{-\frac{E_1}{kT}}\right),$$

E_1 étant l'énergie de la configuration dont le moment caractéristique est μ_1. Si $E_1 \gg kT$, $N_1 = N$, mais pour tous les autres cas, N_1 sera une fonction de T.

Si le corps se trouve dans le champ magnétique H, la probabilité de chaque orientation de μ_1 dépend de ce champ lui même, aussi bien que de la structure de l'entourage de l'atome paramagnétique. B. Cabrera et J. Palacios ont démontré qu'on arrive ainsi à faire une théorie du paramagnétisme des corps qui suivent la loi de Curie-Weiss, sans faire intervenir des rotations des atomes, certainement empêchées par des liaisons interatomiques. Cela convient exactement pour le cas où $E_1 \gg kT$. Pour tous les autres cas

$$\chi(T) = \frac{N\mu_1^2}{3k}\left(1 - e^{-\frac{E_1}{kT}}\right)\frac{1}{T + \Delta_1},$$

qui dans l'hypothèse de $E_1 \ll kT$ se réduit à la forme plus simple

$$\chi(T) = \frac{NE_1\mu_1^2}{3k^2}\,\frac{1}{T^2 + T\Delta_1}.$$

Évidemment nous nous limitons ici au cas d'une configuration paramagnétique unique.

Il faut ajouter que H produit une déformation élastique du système des électrons, appréciable dans le cas où χ est petit, qu'on peut décomposer en deux parties :

a. Une variation de la vitesse des électrons sur leurs orbites. D'après une théorie bien connue de Langevin il se produit ainsi un effet diamagnétique ;

b. Un changement d'orientation des axes magnétiques des orbites sans variations de vitesse des électrons, qui produira un effet paramagnétique.

L'une et l'autre partie de la déformation sont évidemment indépen-

dantes de T, et déterminent dans χ un terme constant, positif ou négatif suivant que l'effet prédominant est b ou a. Le deuxième doit être le cas général, mais on peut s'attendre à ce que le premier se produise pour les électrons qui interviennent dans les liaisons chimiques, dont les orbites doivent être plus sensibles aux actions extérieures.

OPTIQUE. — *La télémétrie monostatique au crépuscule.* Note [1] de M. **Armand de Gramont**, présentée par M. Ch. Fabry.

Des mesures exécutées par éclairage faible avec des télémètres à coïncidence et des télémètres stéréoscopiques ayant montré un certain avantage à l'actif de ces derniers appareils, il nous a paru intéressant de poursuivre des essais méthodiques dans des conditions d'éclairage bien déterminées.

Nous avons construit à cet effet un photomètre crépusculaire constitué par une lampe électrique dite « lumière du jour », mobile dans une cheminée verticale de 1^m de hauteur environ. Cette lampe éclaire, par réflexion sur une glace transparente disposée à 45°, un écran blanc percé d'un trou circulaire. L'observateur, par un tube horizontal muni d'un œilleton, voit, au travers de la glace à 45°, l'écran éclairé et le ciel dans le trou central; il égalise leurs brillances en déplaçant la lampe dans sa cheminée; l'intensité de la lampe est réglée au moyen d'un rhéostat qui ramène l'aiguille de l'ampèremètre sur une division déterminée.

Nous avons, d'autre part, équipé deux télémètres aussi identiques que possible, l'un pour la mesure en coïncidence, l'autre pour la mesure stéréoscopique : mêmes équerres optiques, mêmes objectifs de 50^{mm} de diamètre, mêmes oculaires donnant un grossissement de 25, même système déviateur. Seul le bloc des prismes centraux devait être différent; les épaisseurs de verre traversées étaient, dans le télémètre à coïncidence, de 81^{mm} pour le côté droit et de 52^{mm} pour le côté gauche; pour le stéréoscopique de 76^{mm}. Ce faible écart ne pouvait influer sur les résultats.

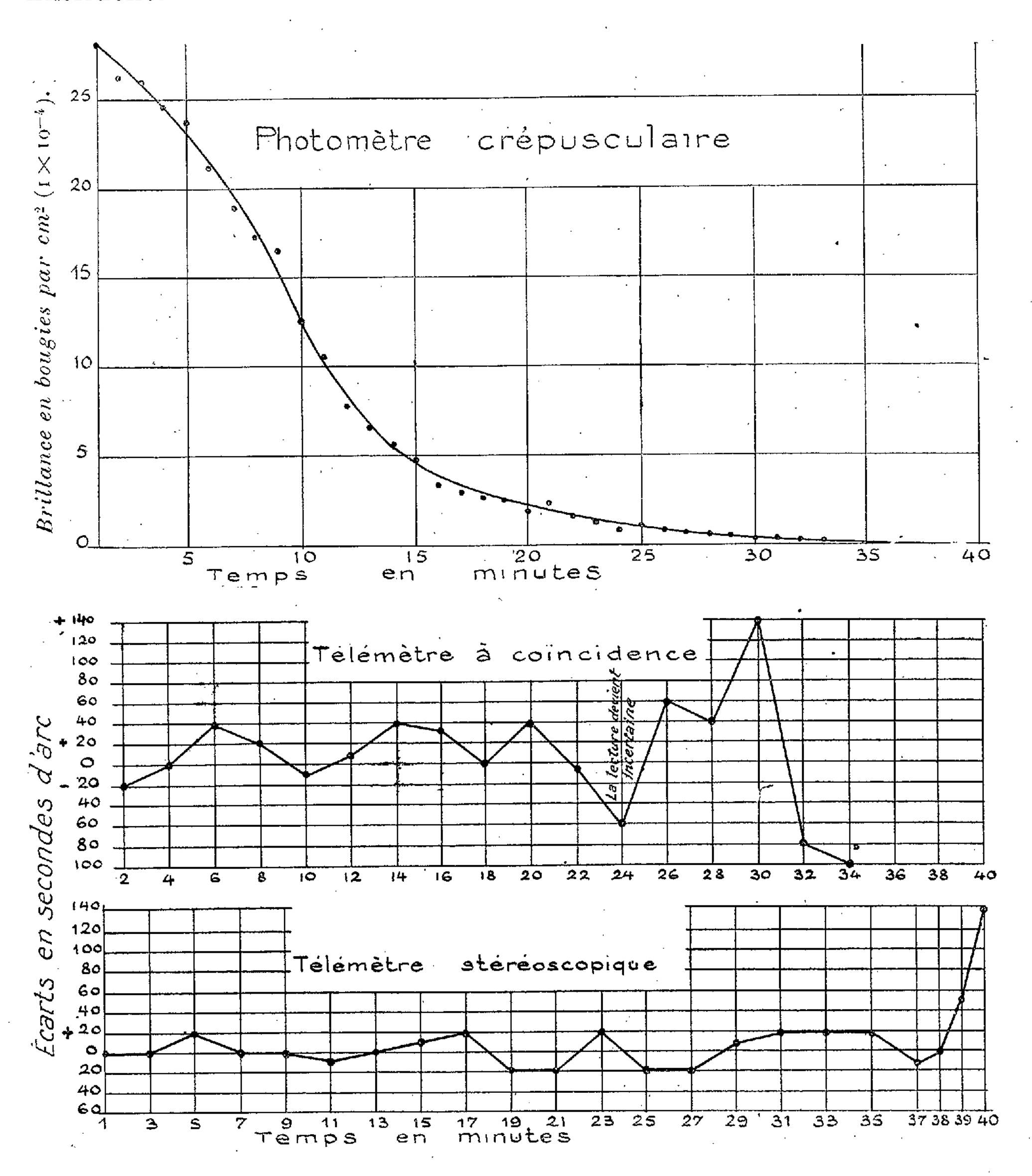
Les deux appareils visaient le même mât placé à 2790^m et qui se détachait sur le ciel; les pointés, commencés à la tombée du jour, se sont succédés de minute en minute, tant que les mesures furent possibles, alternativement avec l'un ou l'autre appareil, et par le même télémétriste.

La figure résume ces essais : le temps est porté en abscisse; la courbe

---

(1) Séance du 25 juillet 1927.

supérieure donne la variation de la brillance d'un point du ciel situé à quelques degrés au-dessus du mât visé. Les deux graphiques inférieurs indiquent les écarts de pointés calculés en secondes d'arc à la manière habituelle.



On voit qu'à partir de la brillance de 1×10^{-4} bougie par centimètre carré, la coïncidence donne de médiocres mesures, alors que le stéréo-

scopique fonctionne encore convenablement sous $0,25 \times 10^{-4}$ bougie par centimètre carré et a pu donner des indications jusqu'à $0,1 \times 10^{-4}$ bougie par centimètre carré environ.

Ce résultat est sans doute dû pour une part à la vision binoculaire, moins fatigante que l'observation monoculaire, ainsi qu'au fait que le « balancement » de l'index stéréoscopique donne encore une impression physiologique par rapport à un objet dont les contours sont devenus flous, et qui ne peut plus servir à une mise en coïncidence.

Ajoutons que l'atmosphère était pure et que les mesures étaient effectuées par un télémétriste expérimenté.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Dichroïsme circulaire des cuprotartrates alcalins.* Note de MM. **R. de Mallemann** et **P. Gabiano**, transmise par M. A. Cotton.

La méthode d'analyse polarimétrique de M. Darmois a conduit récemment l'un de nous à établir l'existence de trois combinaisons définies de l'acide tartrique, du cuivre et des alcalis ([1]) : les deux composés $TCuAmH^2O$ et $TCuNa.2H^2O$ avaient été obtenus à l'état cristallisé; le troisième, beaucoup plus actif, correspondait à la composition globale $TCu.2NaOH$, mais il se décompose assez rapidement en solution et n'avait pu être isolé. Depuis, nous avons réussi à séparer également ce dernier corps. Nous ne reviendrons pas sur le mode de préparation des solutions précédemment indiqué. *Les trois corps isolés présentent un dichroïsme circulaire très net*, relativement petit pour les deux composés monoalcalins, mais considérable dans le cas du dérivé disodique.

1. *Cuprotartrate d'ammonium* ($TCuAm.H^2O$) :

	λ en $\mu\mu$.	630.	610.	578 (Hg).	546 (Hg).	510.
Cuve de $5^{mm},3$	Rotations.........	15′	16′	18′	18′	16′
$c = 2,47$ ($\frac{1}{100}$ mol. %).	Ellipticités........	18′	13′	5′	2′	0

Dans une cuve de $28^{mm},5$ les rotations et les ellipticités pour la raie 546 sont respectivement : $1°35'$ et $10'$, ce qui correspond à un pouvoir rotatoire $[\alpha]_{546} = 221°$. La dispersion rotatoire est anormale, bien que le maximum soit relativement peu marqué, mais la décroissance des ellipticités du rouge au bleu a été constatée de la manière la plus nette. Les

([1]) P. Gabiano, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1059.

ellipticités observées sur des solutions absolument fraîches nous ont paru un peu supérieures.

2. *Cuprotartrate monosodique* ($TCuNa.2H^2O$). — Les résultats sont presque exactement les mêmes que pour le sel d'Am. L'ellipticité maxima dans le rouge a sensiblement la même valeur; $[\alpha]_{546} = 200°$.

3. *Cuprotartrate disodique* ($TCuNa^2.2H^2O$). — Les solutions obtenues en dissolvant 1^{mol} de TCu *neutre pur* dans 2^{mol} de NaOH se décomposent assez rapidement à la lumière et à l'air libre; la rotation et le dichroïsme diminuent beaucoup. Le résidu de l'évaporation lente, repris par l'eau, donne une liqueur très peu active. Quand on laisse au contraire l'évaporation se faire dans l'*obscurité* complète et dans le vide, sous une cloche à SO^4H^2, on obtient un produit cristallisé, qui, redissous dans l'eau, donne une solution dont l'activité est comparable à celle de la liqueur mère. Le pouvoir rotatoire et le dichroïsme sont un peu plus *faibles* si l'on rapporte la concentration à $TCuNa^2$ *anhydre*. Le dosage de l'eau de cristallisation ne peut être fait par simple déshydratation à chaud, en raison de l'instabilité du produit, mais le dosage du cuivre donne une première indication nette:

	Solution mère.	Solution sel cristallisé.	Calculé pour $TCuNa^2.2H^2O$.
Cu pour 100..........	21,5	21,9	21,7

Ce résultat est en accord complet avec les mesures optiques. *Le pouvoir rotatoire et le dichroïsme des deux solutions sont exactement les mêmes, en calculant la concentration de la solution du sel cristallisé d'après la composition* $TCuNa^2.2H^2O$. Nos mesures ont été faites pour un assez grand nombre de λ et pour plusieurs concentrations différentes. Nous donnerons seulement ici quelques-uns de nos résultats, obtenus, par exemple, sur les solutions du *sel cristallisé :*

	λ en μμ............	630.	610.	578.	546.	519.	436.
$c = 2$	Rotations........	21′	36′	48′	48′	38′	–
$l = 5^{mm},3$	Ellipticités.......	56′	48′	25′	11′	6′	–
		$l = 5^{mm},3.$		$l = 10^{mm},2.$	$l = 28^{mm},5.$		
$c = 2,93$	Rotations......	34′	56′	2°28′	6°52′	–	6°17′
$^1/_{100}$ mol. $^0/_0$	Ellipticités.....	1°30′	1°18′	1°16′	1°32′	–	0

L'anomalie de la dispersion rotatoire est ici très marquée; $[\alpha]_{546} = 820°$; la rotation est encore un peu supérieure pour le jaune, comme nous l'avons vérifié sur la même cuve de $28^{mm},5$ ($c = 2$, ellipticité : 2°21′). D'autre

part *le pouvoir rotatoire et le dichroïsme spécifiques augmentent notablement avec la concentration. Le composé défini* $TCuNa^2.2H^2O$ *est donc très actif et très dichroïque*. Il se présente en petits cristaux bleu foncé, qui se transforment à la lumière et à l'air en une masse visqueuse déliquescente; il semble néanmoins que le corps puisse être conservé dans un flacon bien bouché, entouré de papier noir.

Ce corps paraît être le constituant dichroïque principal des solutions étudiées par M. A. Cotton (¹).

PHOTOCHIMIE. — *Phénomènes de luminescence au cours de réactions oxydantes en solutions aqueuses*. Note (²) de M. **Lucien Mallet**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons été amené à constater que de nombreuses réactions oxydantes s'accompagnaient de la production, soit de lumière visible, soit de lumière décelable par la plaque photographique et les substances fluorescentes.

Nous avons tout d'abord observé que les téguments cutanés mis en contact avec l'eau de Javel présentaient dans l'obscurité une luminescence fugitive. Supposant que le revêtement corné de l'épiderme devait être la cause du phénomène, nous avons recherché des corps organiques capables de produire ces effets et susceptibles d'être mis en solutions tels que : la *gélatine*, l'*albumine* ou les dérivés de ces molécules. Ces substances, en présence de divers hypochlorites de potasse, de soude, de chaux et de l'hypobromite de soude réagissent fortement et la réaction qui est du type

$$ClONa + H^2O = HCl + NaOH + O$$

s'accompagne toujours de production de lumière.

Si l'on met en présence à la température ambiante (18°) 50^{cm^3} d'une solution d'hypochlorite de soude à 10° B. étendue de 3 à 4 fois son volume d'eau et 50^{cm^3} d'une solution d'albumine à 10 pour 100, la réaction s'accompagne d'une luminescence assez vive, de coloration verdâtre. L'hypochlorite peut être remplacé par l'hypobromite de soude.

Les substances provenant de la destruction de la molécule d'albumine, mais de structure moins complexe, produisent le même phénomène. L'urée en particulier, aussi bien en présence du réactif d'Yvon que des hypochlo-

(¹) A. Cotton, *Ann. de Chim. et Phys.*, 8, 1896, p. 347.

(²) Séance du 25 juillet 1927.

rites, réagit avec luminescence visible, même à la concentration de 1 pour 100 d'urée pour une dilution d'hypochlorite de soude à 3° Baumé.

Dans ces diverses réactions, l'émission de lumière augmente notablement lorsqu'on porte la température à 30 ou 40°.

D'autres réactions oxydantes, mais inorganiques, se produisent avec émission de lumière, par exemple :

L'hypochlorite de soude à 10° Baumé et l'eau oxygénée à 12vol (luminescence de coloration rouge); le perborate de soude en présence des hypochlorites (en particulier hypochlorite de chaux) qui réagit avec production de luminescence visible lorsque la température est portée à 50° environ.

Supposant que l'émission de lumière par ces diverses réactions ne devait pas être limitée au spectre visible mais s'étendait du côté du spectre ultraviolet, nous avons utilisé, pour déceler ces radiations, des solutions fluorescentes capables d'absorber les rayons ultraviolets et d'émettre dans le spectre visible.

Nous nous sommes d'abord assuré qu'isolément, en présence des hypochlorites et des corps capables de réagir, les solutions fluorescentes n'émettaient pas de lumière et ne subissaient pas d'altération rapide.

A la température de 25°, la réaction de l'hypochlorite de chaux et du perborate de soude même à forte concentration n'est pas accompagnée de lumière; si l'on vient à ajouter quelques gouttes d'un corps fluorescent en solution, une luminescence d'intensité variable apparaît suivant le corps fluorescent choisi.

	λ maximum		
	d'absorption.	d'émission.	Fluorescence.
Bleu de méthylène	//	//	faible
Éosine	480-560	525-600	assez forte
Fluorescéine	390-540	495-560	forte
Acridine	//	//	forte
Sulfate de quinine	286-375	410-560	très intense
Esculine	//	//	très intense
Anthracène	520-370	360-440	assez forte
Pétrole	//	//	faible
Xylol	230-275	260-313	très faible

Nous voyons que, si l'on s'en rapporte aux spectres d'absorption et d'émission fournis par Pringsheim [1] de certains de ces corps, la réaction

(1) Pringsheim, *Fluorescens und Phosphorescenz*. Berlin, Springer, 1923.

oxydante étudiée s'accompagnerait de la production de radiations ultra-violettes au-dessous de 3000 Å.

L'emploi de corps fluorescents nous a permis de rendre luminescentes des réactions oxydantes en apparence obscures telles que : l'hypochlorite en présence d'acide lactique; l'hypochlorite et l'ammoniaque; l'hypochlorite et l'empois d'amidon.

Dans les solutions étendues ne manifestant aucune réaction accompagnée de lumière visible, la fluorescence à la température de 15° n'apparaît que si l'on vient à ajouter quelques gouttes d'un corps fluorescent tel que : l'esculine, le sulfate de quinine, la fluorescéine, etc. L'eau oxygénée et l'hypochlorite de soude présentent alors une luminescence blanche.

Les solutions d'albumine, d'urée au $\frac{1}{1000}$ en présence d'hypochlorite de soude très étendu deviennent, dans ces conditions, lumineuses lorsqu'on ajoute un de ces corps fluorescents; la luminescence, tout en décroissant, persiste pendant 2 à 3 minutes.

Ces quelques faits contribuent à montrer que l'émission des radiations lumineuses doit être un phénomène très général, tout au moins au cours des réactions oxydantes; ils apportent une vérification à l'hypothèse de M. Jean Perrin d'après laquelle toutes les réactions chimiques, ruptures ou soudures de valences, s'accompagnent d'émission ou d'absorption de lumière. Il est vraisemblable que de nombreux effets physico-chimiques et biologiques sont dus à ces phénomènes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'analyse quantitative applicable à un mélange de terres rares.* Note [1] de M. **Eugène Delauney**, présentée par M. G. Urbain.

La variation de la largeur des bandes d'absorption des éléments des terres rares dans le spectre visible a été utilisée depuis très longtemps comme indication d'enrichissement d'une fraction en un élément déterminé. J'ai étudié l'élargissement de ces bandes en fonction de la concentration et de l'épaisseur de solution neutre intercalée sur le faisceau lumineux.

Lorsque l'on examine les spectres d'absorption à l'aide d'un viseur à faible grossissement on constate une variation considérable dans le noircissement de la plaque photographique au voisinage du bord d'une bande

(1) Séance du 18 juillet 1927.

d'absorption et sur un intervalle de longueur d'onde très étroit; le dégradé est presque inexistant. Il est très aisé de définir avec une bonne précision ce bord et j'ai pris la largeur comme grandeur caractéristique d'une bande donnée.

Des résultats obtenus, il résulte que ces spectres obéissent à la loi de Beer : la largeur d'une bande d'absorption d'un élément rare dépend uniquement du nombre d'atomes rencontrés par la lumière incidente. La solution peut d'ailleurs contenir d'autres éléments rares. J'ai utilisé ce fait pour établir une nouvelle méthode d'analyse quantitative rapide d'un mélange de terres rares et dont l'erreur relative est inférieure au $\frac{1}{20}$.

Dispositif expérimental. — Sur un faisceau lumineux cylindrique d'intensité constante, on intercalait une cuve à épaisseur variable destinée à recevoir les solutions. Le spectrographe utilisé était un petit spectrographe Hilger de faible dimension (2^{cm} pour le spectre visible). Les plaques photographiques étaient panchromatisées.

Résultats. — 1° *La solution ne contient qu'un élément rare.* Le tableau suivant résume les variations de la largeur des bandes en fonction de l'épaisseur utilisée pour deux solutions de nitrate neutre. La première contenait $1^g,31$ d'oxyde de néodyme dans $12^{cm^3},1$; la deuxième $1^g,138$ d'oxyde de praséodyme dans $11^{cm^3},9$.

	Largeur de bande	
Épaisseur.	du Nd.	du Pr.
5,0	865	289
4,5	842	282
4,0	809	279
3,5	783	244
3,0	722	239
2,5	689	231
2,0	627	226
1,5	557	216
1,0	464	210
0,75	377	
0,50	294	191

J'ai préparé trois autres solutions de nitrate de néodyme contenant dans $12^{cm^3},1$ les quantités d'oxyde suivantes : $0^g,827$, $0^g,443$ et $0^g,266$. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

	Épaisseurs utilisées pour les solutions.	Épaisseur équivalente.	Largeur obtenue.	Largeur calculée.
I.	2,5	4	685	689
II.	4,34 2,20	1,5 0,75	540 390	557 377
III.	5 4	1 0,82	434 382	464 394

On constate que l'erreur relative est moindre que 1/20ᵉ.

2° *Cas d'une solution neutre contenant deux terres rares :* J'ai mélangé la solution de nitrate neutre de praséodyme contenant $1^g,138$ d'oxyde dans $11^{cm^3},9$ avec des volumes variables de solution de nitrate de néodyme.

Dans le tableau suivant, nous indiquons les proportions en volume de solution de praséodyme initial contenues dans la solution examinée.

	Épaisseur utilisée.	Épaisseur équivalente.	Largeur obtenue.	Largeur calculée.
I. $\frac{2}{7}$	3^{cm}	0,86	207	204
II. $\frac{17}{42}$	2,5	1	209	210
III. $\frac{24}{49}$	3	1,54	218	217

On constate également que l'erreur relative sur les concentrations est inférieure au $\frac{1}{20}$.

3° *Cas où la solution d'une terre rare est acide :* J'ai étudié différentes solutions de nitrate de néodyme, auxquelles j'avais ajouté des quantités variables d'acide nitrique. Les variations que j'ai décelées étaient de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience.

Méthode d'analyse quantitative. — Ayant construit la courbe donnant la largeur d'une bande en fonction de l'épaisseur d'une solution de titre connu C en l'élément à doser, on détermine l'épaisseur e de cette solution équivalente à l'épaisseur E de la solution de titre inconnu X, on a :

$$X = C\frac{E}{e}.$$

Étude de fractionnements de terres rares dysprosifères. — A l'aide de la méthode d'analyse quantitative par rayons X (¹), de celle basée sur les

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1658.

susceptibilités magnétiques et de la méthode précédente, j'ai étudié d'anciens fractionnements sur des terres dysprosifères. Les résultats que j'ai obtenus confirment ceux annoncés par M. Urbain sur la susceptibilité magnétique considérable du dysprosium. Le rapport entre les susceptibilités magnétiques de l'holmium et du dysprosium, annoncé par Cabréra (1) postérieurement aux recherches de M. Urbain, est beaucoup trop faible.

CHIMIE MINÉRALE. — *Précipitation de l'iridium de ses solutions par l'hydrogène sous pression.* Note (2) de MM. **W. Ipatieff** et **J. Andrewski**, présentée par M. C. Matignon.

Ce travail fait suite à l'étude de l'action de l'hydrogène sur les solutions de platine (3)

Les modes opératoires, les méthodes de séparation sont restés les mêmes, seules quelques améliorations ont été apportées dans les détails de l'opération.

Tous les essais ont été faits à 100° et à des températures un peu supérieures. Il n'a pas semblé intéressant d'opérer à des températures inférieures, l'expérience ayant montré, dans le cas du platine, que les résultats restent les mêmes à condition d'augmenter la durée de la réaction quand la température s'abaisse.

On a opéré avec des solutions de chloroiridate de concentrations variées à teneurs connues en iridium.

Le pourcentage du métal éliminé a été obtenu en pesant le précipité filtré. De plus, dans le cas d'une élimination incomplète, on effectuait des dosages colorimétriques par comparaison avec des solutions étalons.

Toutes les données sont réunies dans les deux tableaux suivants qui concentrent les résultats pour les expériences effectuées à 100 et à 103°.

Les valeurs des quatre dernières colonnes représentent, en pour cent, la quantité de métal précipité, avec des solutions dont la concentration en iridium est indiquée en tête de ces colonnes.

(1) *An. Soc. Esp. Fisica y Quimica*, **23**, mars 1925, p. 151.
(2) Séance du 25 juillet 1927.
(3) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 51.

TABLEAU I : 100°.

	Temps du chauffage en heures.	Pression en atm.	Concentrations en %. 5.	2,5.	0,25.	0,125.	Remarques.
1...	20	10	100	100	100	100	
2...	20	10	100	100	100	100	HCl. 5 %
3...	20	10	100	100	100	100	NO^3H, 5 %
4...	20	10	100	100	100	100	SO^4H^2, 5 %
5...	10	10	11	100	100	100	
6...	3	10	100	15	100	100	
7...	20	7,5	100	100	100	100	
8...	15	7,5	99	100	100	100	
9...	12	7,5	99	98	100	100	
10...	10	7,5	78	99	100	100	
11...	6	7,5	10	82	100	100	
12...	4	7,5	0	10	0	100	
13...	2	7,5	99,3	0	0	0	
14...	20	5	99	99,8	100	0	
15...	20	3	99	98	100	100	
16...	10	3	50	99	100	100	
17...	3	3	90	99	100	100	

TABLEAU II : 103°.

	Temps du chauffage en heures.	Pression en atm.	Concentrations en %. 5.	2,5.	0,25.	0,125.
1.......	3	3	100	100	100	100
2.......	2	3	100	100	100	100
3.......	20	1,5	100	100	100	100
4.......	10	1,5	100	100	100	100
5.......	6	1,5	100	100	100	100
6.......	3	1,5	100	100	100	100
7.......	2	1,5	100	100	100	100
8.......	20	1	90	82	100	100
9.......	15	1	52	83	100	100
10.......	10	1	13	18	69	100

Il est intéressant de remarquer que lorsque l'élimination du métal n'était pas complète, surtout dans les expériences courtes, on obtenait une solution d'une couleur bleue. La coloration était due à l'iridium colloïdal qui n'avait pas le temps de se déposer. Le colloïde se précipitait toujours au bout de 24 heures mais en général plus vite, après 6-8 heures. Dans ces

cas, avant de faire l'analyse et les déterminations colorimétriques on attendait le dépôt complet des solutions colloïdales. Les résultats conduisent aux mêmes conclusions que dans le cas du platine :

1° L'élimination est plus facile avec les solutions de plus faible concentration;

2° Quand la pression augmente, la substitution est aussi plus rapide;

3° La précipitation est également plus active quand la température s'élève;

4° La quantité du métal éliminé augmente avec le temps.

Il n'y a presque pas de différence entre les conditions de l'élimination du platine et celles de précipitation de l'iridium, bien que parfois dans les mêmes conditions l'iridium se dépose plus complètement à 100°.

MÉTÉOROLOGIE. — *Le champ du déplacement instantané des isobares.* Note [1] de M. **Dedebant**, présentée par M. Deslandres.

1° Soit $p(x, y, t) =$ const. l'équation d'une isobare qui se déforme avec le temps. Soit dn le déplacement normal de l'un de ses points. La vitesse de déplacement de l'isobare en ce point est

$$(1) \qquad |\omega| = \left|\frac{dn}{dt}\right| = \left|\frac{-p'_t}{\sqrt{p'^2_x + p'^2_y}}\right| = \lambda\left|\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{G}}\right|,$$

T étant la tendance barométrique, G le gradient et λ un coefficient qui dépend du choix des unités. Si T est exprimé en millimètres de mercure, G en millimètres par degré géographique et ω en centaines de kilomètres par 12 heures, $\lambda = 4,5$ environ. En grandeur et en signe on obtient :

$$(1') \qquad \omega = 4,5\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{G}}.$$

On peut tracer des courbes d'égales vitesses de déplacement qui se groupent en noyaux de déplacements positifs ou négatifs; d'où le principe d'un procédé de prévision barométrique. Quant à sa valeur pratique, elle est assez faible : *a.* il conserve dans l'étude des perturbations, le champ préexistant de pression, que la méthode des variations a l'avantage d'éliminer; *b.* la construction de la carte de déplacement nécessite le calcul préalable du gradient barométrique, opération longue.

---

(1) Séance du 18 juillet 1927.

Une simplification notable serait de substituer au gradient le vent au sol V, qui, à le supposer « normal », lui est proportionnel. V étant exprimé en degrés Beaufort, on a $V = 2G$ et

$$\omega = 9\frac{I}{V}. \tag{2}$$

Malheureusement, l'expérience ne donne pas de résultats nets à cause de l'irrégularité du vent (grossièreté des mesures et variabilité du vent normal).

2° Le déplacement instantané des isobares, précisément parce qu'il conserve le champ préexistant de pression, permet de donner une interprétation de certaines règles de prévision du déplacement *apparent* [1] des perturbations :

a. Règle de MM. Dunoyer et Reboul [2]. — Ces auteurs annoncent que les quotients $\frac{V}{T}$ sont faibles et négatifs dans les régions où la baisse menace, et faibles aussi, mais positifs, dans celles où va se produire la hausse. Les quotients $\frac{V}{T}$ sont, à un facteur constant près, les inverses des vitesses de déplacement des isobares. Leur faiblesse correspond donc à un déplacement rapide de ces courbes. D'autre part $\frac{V}{T}$ négatif indique que les isobares se déplacent en sens inverse du gradient, c'est-à-dire des basses vers les hautes pressions. La baisse se produira donc sur les régions envisagées, d'autant plus rapidement que les $\frac{V}{T}$ seront plus petits. Une explication analogue vaut évidemment pour la seconde partie de la règle : $\frac{V}{T}$ positifs.

b. Règle de Clément Ley. — Les dépressions ont une tendance à se mouvoir dans une direction perpendiculaire aux gradients les plus forts. Il est évident qu'en général, la direction du plus fort gradient sera celle du déplacement instantané minimum (sauf valeurs exceptionnellement grandes des tendances). On peut penser qu'au contraire la direction perpendiculaire sera celle des gradients les plus lâches et par suite celle du déplacement maximum.

---

[1] Nous disons *apparent*, parce que en pareil cas le noyau de variations ne change pas de vitesse, mais la figure isobarique de la perturbation, influencée par le champ préexistant, se précipite sur certaines régions.

[2] *Comptes rendus*, **166**, 1918, p. 423, et **168**, 1919, p. 356.

3° Au lieu de la pression, introduisons dans la formule (1) sa variation dans l'intervalle Δ. Le déplacement instantané du noyau de variations d'intervalle Δ est

$$\omega = 4,5\,\frac{T(t) - T(t-\Delta)}{g}. \tag{3}$$

T(t), tendance au temps t; T(t — Δ), tendance au temps (t — Δ); g, gradient isallobarique. Le champ de déplacement des isallobares peut être utilisé dans la méthode des variations.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les larves françaises d'Éphémérides rapportées au genre Iron.* Note (¹) de Mlle **M. Gauthier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le genre *Iron* a été créé en 1883 par Eaton pour une forme d'Ephéméride nord-américaine extrêmement voisine d'*Epeorus* à l'état d'imago, mais dont les larves se distinguent nettement par le développement considérable des premières branchies presque contiguës sur la face ventrale.

Des larves de ce même type furent découvertes en Europe en 1906 par Steinmann qui les rattacha au genre *Iron* en faisant remarquer qu'elles diffèrent des formes américaines par la coloration des fémurs et quelques détails de la morphologie des appendices et des branchies.

En 1925, des larves très voisines de celles de Steinmann furent retrouvées pour la première fois en France, dans un torrent du Massif de Belledonne, l'Eau d'Olle, à 1300m d'altitude, par le professeur Léger (²), qui, en 1926, les désigna provisoirement sous le nom d'*Iron Steinmanni* et me confia le soin d'une étude détaillée de cette espèce, sans doute nouvelle à son avis.

Un peu plus tard, M. Hubault retrouve ces mêmes larves dans les Alpes et, sans avoir eu connaissance de la publication de M. Léger, les considère comme nouvelles pour la faune française. Il en donne, en 1927, une description détaillée (³) et leur rattache avec certitude un subimago femelle récolté par lui sur les mêmes lieux et qu'il désigne sous le nom d'*Iron alpinus* n. sp. Cependant, frappé par ses analogies avec le genre *Epeorus*, l'auteur émet

(¹) Séance du 13 juin 1927.

(²) L. Léger, *Notes de faunistique. Quelques stations de larves d'Éphémérides* (*Ann. de l'Un. de Grenoble*, III, II, 1926, p. 339-340).

(³) E. Hubault, *Contribution à l'étude des Invertébrés torrenticoles* (*Bull. biol. de France et Belgique*, Suppl. IX, 1927, p. 111).

l'idée que l'imago de cette espèce est peut-être simplement *Epeorus alpicola* Etn.

Au cours des recherches que nous poursuivons au Laboratoire de Zoologie de Grenoble sur les larves d'Éphémérides des Alpes, nous avons eu l'occcasion de retrouver ces mêmes larves du type *Iron*, à différents âges, dans divers torrents du Dauphiné. Particulièrement dans celui de Lamorte (Massif du Taillefer), nous avons recueilli, en août 1926, un grand nombre de nymphes dont plusieurs prêtes à éclore. Les seules autres larves d'Éphémérides de cette même station étaient représentées par les genres *Baetis*, *Ecdyurus et Rhithrogena*. Le même jour, au crépuscule, nous capturions au même point, au-dessus du torrent, un couple d'*Ecdyurus*, un couple de *Rhithrogena semi-colorata* et de très nombreux imagos mâles et femelles d'un *Epeorus* de grande taille, présentant tous les caractères d'*Epeorus alpicola* et dont nous devons l'identification certaine à M. Lestage.

Or, malgré des recherches attentives dans le torrent, nous n'avons pas trouvé de larves ni de nymphes d'*Epeorus* du type classique, tandis que les nympes à faciès d'Iron (*I. Steinmanni* Lég.) y pullulaient.

Soupçonnant une relation entre ces dernières et les adultes d'*Epeorus alpicola* nous avons choisi, parmi ces nymphes, celles qui se montraient prêtes à éclore et, les dépouillant avec soin de leur exuvie déjà soulevée, nous avons obtenu des subimagos mâles et femelles présentant tous les caractères spécifiques des grandes formes adultes d'*Epeorus alpicola* capturées au-dessus du ruisseau.

Il ne paraît donc pas douteux, à notre avis, que la forme larvaire à faciès d'Iron, signalée par Léger sous le nom d'*Iron Steinmanni*, puis décrite et attribuée à *Iron alpinus* par Hubault, appartient en réalité à l'espèce *Epeorus alpicola*, dont la larve était restée jusqu'ici inconnue.

De cette constatation il résulte que la dilatation des premières lamelles branchiales ne peut plus servir à caractériser les larves d'Iron, puisque la larve d'*Epeorus alpicola* présente également cette particularité.

Et ainsi le genre *Epeorus* montre deux types larvaires différents : l'un, classique, représenté par la larve d'*Epeorus torrentium* Etn. des auteurs; l'autre, à premières branchies très developpées, se rejoignant sur la face ventrale, comme dans la larve d'Iron d'Eaton, et auquel se rattachent les larves d'*Epeorus alpicola* Etn.

Il appartiendra aux systématiciens, mieux armés pour reprendre en détail l'étude morphologique comparée des adultes d'*Iron* et d'*Epeorus*, de juger dans quelle mesure cette importante différence larvaire doit peser dans la caractéristique des deux genres.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'action vaso-constrictrice de l'hydrastine.* Note (1) de MM. F. **Mercier** et **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

Bien que presque tous les thérapeutes soient d'accord pour reconnaître l'efficacité de l'hydrastine dans les métrorragies et les hémoptysies, M. Sollmann (2) a prétendu récemment que cet alcaloïde provoque chez l'animal une chute considérable de la pression artérielle et ne peut pas être employé comme vaso-constricteur.

Cette opinion semble d'autant plus singulière que les recherches de Fellner (3), Pellacani, Falck (4) et Pio Marfori (5), paraissaient avoir établi la réalité de l'action hypertensive et vaso-constrictrice des doses faibles d'hydrastine (1-2^{mg} par kilogramme). Fellner et Pellacani avaient même observé que cette hypertension ne se produit plus après destruction de la moelle et en avaient déduit que l'action vaso-constrictrice de l'hydrastine est d'origine centrale. D'autre part Falck et Pio Marfori avaient montré que, si les doses faibles d'hydrastine provoquent de l'hypertension par excitation des centres vaso-moteurs, les doses fortes déterminent de l'hypotension par paralysie de ces mêmes centres.

L'un de nous a cependant constaté (6) que, chez le chien chloralosé, l'hydrastine, même aux doses actives liminaires, provoque toujours de l'hypotension.

Nous avons donc entrepris l'étude de l'action de l'hydrastine (7) sur l'animal curarisé et sur l'animal non soumis à l'anesthésie générale.

Sur le chien curarisé, les faibles doses d'hydrastine (2^{mg} par kilogramme) provoquent non seulement de l'hypertension, mais encore de la vaso-constriction rénale.

Sur le chien non soumis à l'anesthésie générale et sur lequel la carotide

---

(1) Séance du 25 juillet 1927.

(2) T. Sollmann, *A Manual of Pharmacology*, 3e édit., Philadelphia, 1926, p. 320.

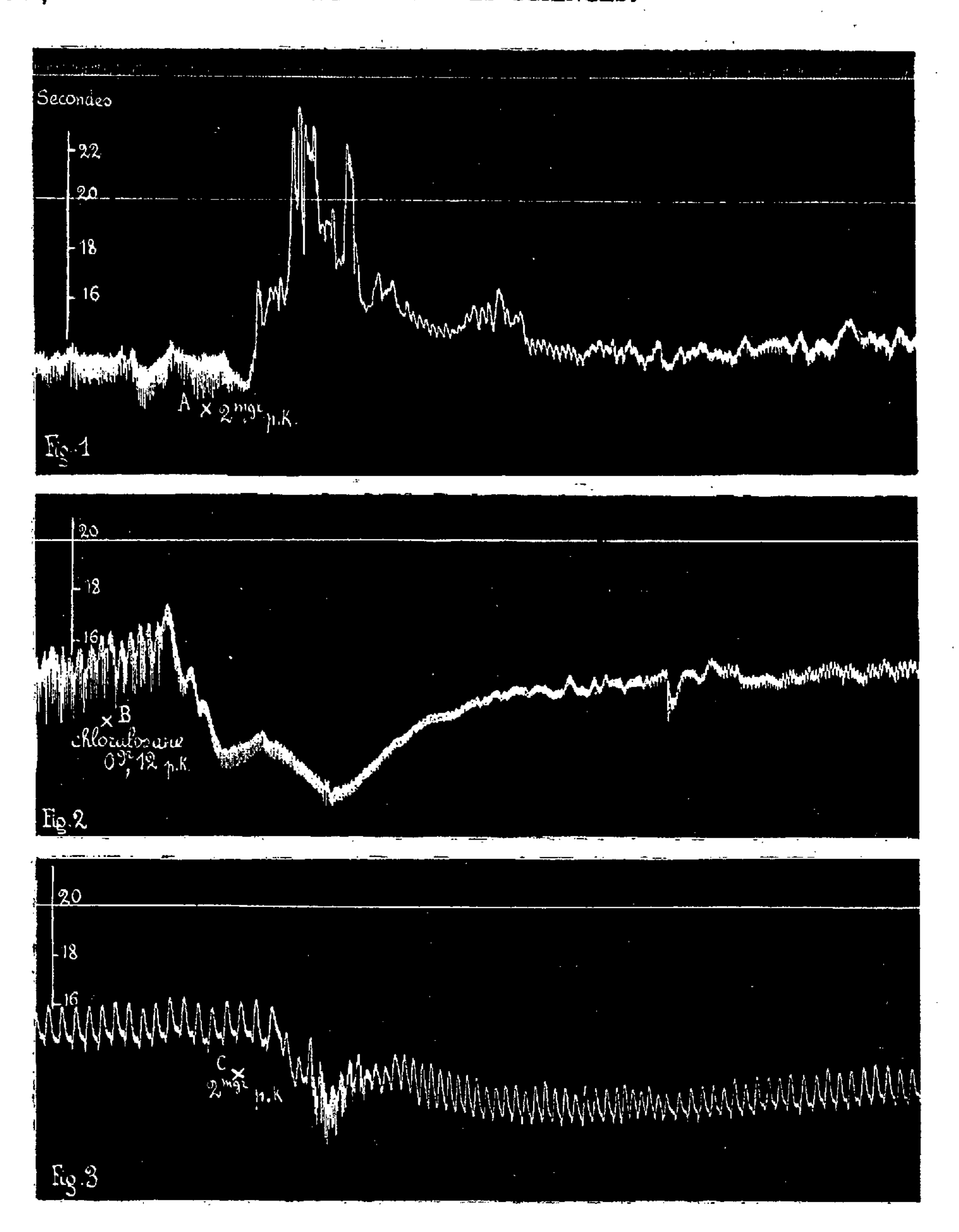
(3) L. Fellner, *Wien. klin. Wochenschrift*, **36**, 1882, p. 29.

(4) E. Falck, *Virchows Archiv f. pathol. Anatomie*, **119**, 1890, p. 399 et suiv.

(5) Pio Marfori, *Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol.*, 27, 1890, p. 161 et suiv.

(6) Raymond-Hamet, *Bulletin des Sc. pharmacol.*, 34, 1927, p. 149.

(7) Nous avons employé un chlorhydrate d'hydrastine très pur.



Action vasculaire de l'hydrastine chez le chien avant et après chloralose.

Chien de 8kg : pression carotidienne enregistrée par le manomètre à mercure. Tracés réduits d'un tiers.

Fig. 1. — Animal non chloralosé : en A, injection intraveineuse de 2mg de chlorhydrate d'hydrastine par kilogramme (soit 16mg) : *hypertension brusque et prolongée*.

Fig. 2. — En B, injection intraveineuse de chloralosane (0g,12 par kilogramme).

Fig. 3. — L'anesthésie installée, on injecte en C dans la saphène 2mg de chlorhydrate d'hydrastine par kilogramme : *hypotension marquée et persistante*.

a été libérée et mise en relation avec le manomètre à mercure, sous anesthésie locale, les doses faibles d'hydrastine (2mg par kilogramme) déterminent également une hypertension très nette. Si alors on anesthésie l'animal par le chloralose (12cg de chloralosane par kilogramme), on constate que l'injection d'une dose d'hydrastine, auparavant nettement hypertensive, provoque maintenant de l'hypotension.

On ne peut nous objecter que la seconde injection d'hydrastine produit naturellement des effets inverses de ceux de la première injection, car l'un de nous a déjà signalé que la première injection d'une dose faible d'hydrastine est toujours hypotensive chez l'animal chloralosé. Nous avons en outre constaté que la seconde injection d'une dose faible d'hydrastine (2mg par kilogramme) est encore hypertensive chez l'animal non chloralosé.

Il paraît donc vraisemblable d'admettre d'une part, qu'aux doses faibles l'hydrastine excite les centres vaso-moteurs et provoque ainsi de l'hypertension et de la vaso-constriction d'origine centrale, tandis qu'aux doses fortes, elle paralyse ces mêmes centres et détermine de l'hypotension; d'autre part, que les centres vaso-moteurs sont sinon paralysés, tout au moins rendus plus sensibles à l'action paralysante de l'hydrastine qui peut ainsi se manifester chez l'animal chloralosé à des doses qui excitent ces centres chez l'animal non chloralosé.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Variations de la teneur en fer du foie, de la rate et du sang, sous l'influence d'un régime déséquilibré par absence complète de vitamine antiscorbutique.* Note de Mme **L. Randoin** et Mlle **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Les variations, au cours du scorbut expérimental, de la teneur en fer du sang ont été étudiées par Mouriquand, Leulier et Michel [1], qui ont constaté, à la fin de la maladie, une diminution du taux du fer sanguin.

C'est dans les organes (foie et rate) où existent normalement des dépôts ferrugineux que nous avons dosé le fer et, parallèlement, nous avons opéré aussi dans le sang, espérant ainsi obtenir quelques données sur le rôle possible de la vitamine antiscorbutique dans l'entretien de ces importantes réserves.

Technique. — Nous avons fait des recherches comparatives sur 65 Cobayes

---

(1) G. Mouriquand, A. Leulier et P. Michel, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 86.

au moyen de trois lots d'individus de même sexe (mâle) et de poids moyen (500-600^g).

A. — 15 Cobayes ont reçu une ration naturelle complète;

B. — 25 Cobayes ont reçu le régime artificiel complet (à base de farine de haricots cuite) que nous avons coutume d'employer [1];

C. — 25 Cobayes ont reçu le même régime, privé uniquement de vitamine C.

Avec ce dernier régime, qui provoque un scorbut aigu typique, la mort se produit invariablement au bout de 28 à 32 jours.

Dans les trois lots, les animaux ont été sacrifiés, l'un après l'autre, à de très courts intervalles. Pour le sang, la rate et le foie de chaque individu, nous avons déterminé : 1° les *teneurs en eau;* 2° les *teneurs en fer*, par la méthode alloxantinique établie par Zizine [2], d'après la réaction de Denigès.

En ce qui concerne la rate et le foie, les quantités de fer contenues dans le sang extrait d'un poids déterminé de ces organes ont été, après calcul, retranchées du fer total, de manière à obtenir le fer cellulaire du tissu considéré.

	Rate.			Foie.		
Jours.	Poids de la rate.	Fer pour 100^g d'organe frais.	Fer dans la rate entière.	Poids du foie.	Fer pour 100^g d'organe frais.	Fer dans le foie entier.
	Cobayes recevant le régime artificiel complet					
	g	mg	mg	g	mg	mg
1er-5e...	0,461	47,4	0,219	17,738	12,0	2,13
6e-10e...	0,553	56,0	0,309	22,478	12,6	2,83
11e-12e...	0,574	35,8	0,205	19,715	10,4	2,05
13e-14e...	0,560	31,4	0,176	22,517	5,9	1,33
15e-16e...	0,587	44,3	0,260	24,947	8,2	2,04
Moyenne.......		**43,0**	**0,234**		**9,8**	**2,08**
17^e-18^e...	–	–	–	14,814	9,5	1,41
19^e-20^e...	0,753	32,1	0,242	28,540	11,1	3,16
21^e-22^e...	0,975	27,3	0,266	–	–	–
23e-24e...	0,660	49,0	0,323	29,162	5,7	1,66
25e-26e...	2,264	33,7	0,763	27,260	7,4	2,02
27e-32e...	0,682	50,6	0,345	23,020	7,5	1,73
Moyenne.......		**38,5**	**0,388**		**8,2**	**2,00**

(1) Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 5, 1923, p. 806.

(2) P. Zizine, *Thèse de Doctorat en Médecine*, Paris, 1925.

Jours.	Rate. Poids de la rate.	Fer pour 100g d'organe frais.	Fer dans la rate entière.	Foie. Poids du foie.	Fer pour 100g d'organe frais.	Fer dans le foie entier.
Cobayes privés de facteur antiscorbutique.						
1er–5e...	0,480	46,9	0,225	19,356	10,3	1,99
6e–10e...	0,569	54,1	0,308	20,217	13,1	2,65
11e–12e...	0,775	49,0	0,380	14,907	15,8	2,35
13e–14e...	0,503	50,1	0,252	24,987	6,0	1,50
15e–16e...	0,838	38,5	0,322	20,191	8,7	1,75
Moyenne.......		**47,7**	**0,297**		**10,8**	**2,05**
17e–18e...	0,347	34,7	0,120	25,739	5,1	1,31
19e–20e...	0,810	28,3	0,229	18,659	10,0	1,86
21e–22e...	0,560	62,5	0,350	18,144	4,8	0,87
23e–24e...	1,623	31,1	0,505	14,064	7,6	1,06
25e–26e...	1,915	38,1	0,729	22,220	4,2	0,93
27e–32e...	1,197	30,2	0,361	15,660	2,9	0,45
Moyenne.......		**37,5**	**0,382**		**5,8**	**1,08**

Le tableau renferme la plus grande partie de ces derniers résultats — *exprimés en milligrammes de fer pour* 100g *d'organe frais* — qui représentent, en général, des moyennes pour deux individus.

Conclusions. — I. Nous avons trouvé, pour 100g de sang frais de Cobaye adulte normal, 40mg de fer en moyenne (chiffres extrêmes 23-52). Cette teneur semble ne diminuer que très peu au cours du scorbut aigu que nous provoquons. L'importance des variations individuelles empêche d'ailleurs de formuler une conclusion nette à ce sujet.

II. Chez le Cobaye adulte normal, la rate, dont le poids varie dans de fortes proportions (0g,39 à 2g,26), contient des quantités totales de fer également très différentes (0mg,17 à 0mg,76,), mais sa teneur en fer pour 100g oscille entre des limites beaucoup plus étroites : 27-56mg (moyenne : 40mg). Il en est de même pour la rate du Cobaye scorbutique qui, au point de vue du fer, ne se différencie donc pas sensiblement de celle du Cobaye recevant le régime artificiel complet.

III. Le foie, dont le poids varie du simple au double (14-29g), renferme normalement 2mg de fer environ (chiffres extrêmes : 1mg,33-3mg,16). Chez le Cobaye scorbutique, cette quantité baisse notablement à partir du vingtième jour et atteint finalement la valeur de 0mg,45 en moyenne. Parallèle-

ment, la teneur en fer pour 100g de foie frais diminue durant la semaine qui précède la mort. L'importante réserve de fer que représentent les combinaisons organiques ferrugineuses du foie tendrait donc à s'épuiser lorsque le régime est totalement dépourvu de vitamine antiscorbutique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Études microchimiques sur le système nerveux. La teneur en soufre et en phosphore des hémisphères cérébraux du cobaye.* Note de M. **Raoul M. May**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant entrepris l'étude chimique de la dégénérescence nerveuse, j'ai fixé mon choix pour ces expériences sur le cobaye. Il m'a semblé utile de déterminer la teneur en soufre et en phosphore des hémisphères cérébraux au cours de la dégénérescence nerveuse, à cause de l'importance fondamentale de ces deux éléments dans la composition du système nerveux central. Le premier point à déterminer était de savoir si les deux hémisphères contenaient les mêmes quantités de soufre et de phosphore. Dans ce cas un hémisphère pourrait être lésé pour donner lieu à la dégénérescence nerveuse, alors que l'autre servirait de témoin dans les dosages chimiques post-opératoires. Répondant à ce but, ce premier travail a trait à la détermination, nécessairement microchimique, de la teneur des deux hémisphères cérébraux en soufre et en phosphore.

Les deux hémisphères cérébraux, débarrassés, autant que possible, de leur sang, étaient disséqués et découpés séparément, puis desséchés. La substance sèche d'un hémisphère pèse de 170 à 230mg, quantité suffisante pour faire sur un même hémisphère cérébral les dosages du soufre et du phosphore.

Pour le dosage du soufre, je me suis arrêté à une destruction en milieu liquide, telle qu'elle a été récemment développée par Lematte, Boinot, et Kahane [1], et qui consiste à oxyder la matière par un mélange d'acide nitrique et d'acide perchlorique, exempts de soufre. Cette opération, ainsi que tout chauffage, est faite au moyen d'un four électrique, le gaz d'éclairage introduisant une proportion non négligeable de soufre, comme l'a montré G. Bertrand [2].

Les sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum. On transvase

(1) L. Lematte, G. Boinot et Kahane, *Journ. de Pharm. et Chim.*, 5, 1927, p. 325-331 et 361-373.

(2) G. Bertrand, *Le Caoutchouc et la Gutta-percha*, 4, 1907, p. 1201-1204.

automatiquement le précipité sur un tube filtrant en quartz, construit spécialement, qui a été précédemment pesé. Le précipité est lavé, séché, calciné et pesé sur une balance donnant le centième, ou à la rigueur, exactement le dixième de milligramme. Cette méthode permet de faire facilement quatre dosages simultanés. Appliquée au soufre d'une solution de sulfate de potassium renfermant $0^{g},0005$ de S par centimètre cube, elle donne des résultats très exacts. J'en publierai les détails dans un autre mémoire.

Le microdosage du soufre des hémisphères cérébraux de cobaye montre que leur teneur en cet élément oscille autour d'une moyenne de $4^{mg},8$ à $5^{mg},5$ par gramme de substance sèche, et que cette teneur ne varie dans les deux hémisphères que dans des limites très restreintes, allant de $0^{mg},07$ à $0^{mg},27$ par gramme.

Pour le dosage du phosphore j'ai combiné la méthode de destruction organique et de précipitation de Mme M. Sœrensen (1), modifiée par Machebœuf (2), avec la méthode de pesée du précipité de phosphomolybdate d'ammonium de Lieb (3). La substance cérébrale sèche est oxydée par un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique. Les phosphates sont précipités à l'état de phosphomolybdate d'ammonium. On transvase automatiquement le précipité sur un tube filtrant de Pregl, précédemment pesé. Le précipité est alors lavé avec de l'alcool, puis avec de l'éther. On le pèse après qu'il a été séché dans le vide. Cette méthode est très exacte, elle m'a donné d'excellents résultats quand je l'ai appliquée au dosage du phosphore dans une solution de $PO^4NaNH^4H.4H^2O$ contenant $0^{g},0001$ de P par centimètre cube.

Le microdosage du phosphore des hémisphères cérébraux de cobaye montre que leur teneur en cet élément oscille autour d'une moyenne de $14^{mg},7$ à 15^{mg} par gramme de substance sèche. Comme pour le soufre, cette teneur ne varie dans les deux hémisphères que dans des limites très restreintes, allant ici de $0^{mg},05$ à $0^{mg},55$ par gramme. Il est à remarquer que les chiffres obtenus pour le phosphore total des hémisphères cérébraux du cobaye (1,47 à 1,5 pour 100) sont à peu près les mêmes que ceux donnés par

---

(1) Mme M. Sœrensen, *Comptes rendus des travaux du Laboratoire Carlsberg* (Copenhague), 15, 1925, x, p. 1-5.

(2) M. Machebœuf, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 8, 1926, p. 464-468.

(3) H. Lieb dans F. Pregl, *La micro-analyse organique quantitative*, trad. par G. Welter, 223 pages (*Les Presses universitaires de France*, Paris, 1923).

Javillier, Allaire et Mme Hinglais-Groc [1] pour le P total de la substance cérébrale du cheval (1,530 pour 100) et du bœuf (1,440 pour 100).

Il ressort de ces recherches que la teneur en S et en P ne varie dans les deux hémisphères cérébraux du cobaye que dans des limites très restreintes ($0^{mg},07$ à $0^{mg},27$ par gramme pour le S; $0^{mg},05$ à $0^{mg},55$ par gramme pour le P-substance sèche). On peut donc faire subir des opérations à un des hémisphères du cerveau en vue du dosage subséquent du S et du P, l'autre hémisphère, resté intact, servant de témoin.

MEDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination préventive et spécifique des chiens contre la maladie du jeune âge.* Note de M. **Charles Lebailly**, présentée par M. E. Roux.

On sait, depuis les travaux de Carré en 1904, que la maladie du jeune âge des chiens est causée par un virus filtrant. Les bactéries auxquelles on attribuait auparavant le rôle d'agent spécifique ne sont plus considérées que comme des microbes d'infections secondaires. Le virus filtrant de la maladie du jeune âge se comporte comme le virus filtrant qui détermine les épidémies de grippe humaine; son développement dans l'organisme diminue ou supprime la résistance naturelle ou acquise aux bactéries pathogènes communes.

On savait que la maladie du jeune âge est contagieuse, épidémique dans les élevages, endémique dans les villes et qu'elle frappe le plus souvent les animaux pendant la première année de leur existence. Les chiens de race pure sont particulièrement sensibles.

Depuis longtemps on a cherché à combattre cette maladie à l'aide d'une vaccination efficace. Il existe contre elle un nombre considérable de vaccins et de sérums. Leurs promoteurs n'osent plus guère leur attribuer des propriétés spécifiques, car l'efficacité de ces produits ne résiste pas au contrôle de l'expérience ou à l'épreuve de la pratique. Ils les représentent comme des moyens prophylactiques, capables de développer dans l'organisme des chiens une résistance aux infections secondaires auxquelles ils succombent fréquemment lorsque le virus spécifique de la maladie du jeune âge leur a ouvert la porte d'entrée.

---

(1) M. Javillier, H. Allaire et Mme Hinglais-Groc, *Bull. Sciences pharmac.*, **32**, 1925, p. 641-659 (p. 651).

Étudiant comparativement les deux groupes de virus filtrants de la fièvre aphteuse des bovidés et de la maladie du jeune âge des chiens, je me suis rendu compte des différences profondes qui les éloignent l'un de l'autre. J'ai recherché des méthodes de vaccination contre ees deux épizooties. Si les conclusions, en ce qui concerne la fièvre aphteuse doivent être différées, je crois apporter une solution pratique de la vaccination préventive contre la maladie du jeune âge des chiens.

Mes expériences ont porté sur trois virus d'origine différente, recueillis à l'état pur dans le sang des chiens venant d'être atteints de la maladie. Elles m'ont montré que ces virus se conservent facilement à l'état de congélation entre 10 et 14° au-dessous de zéro pendant plus d'une année. La maladie qu'ils déterminent évolue, dans les cas typiques, de la mauière suivante :

Le contact infectant ou l'inoculation sont suivis d'une période d'incubation de 50 heures; ensuite la température commence à s'élever pour atteindre son maximum (41°) vers la 72e heure. La période d'état qui succède est caractérisée par une fièvre plus modérée. L'éruption cutanée (inconstante) apparaît ainsi que le larmoiement, la toux, le jetage et les troubles digestifs. Ces symptômes persistent avec une intensité variable jusqu'à la fin de la maladie. Au bout de 16 à 20 jours se montre une kératite diffuse simple ou double. Du 28e au 35e jour, on constate des troubles nerveux : une démarche incertaine, le dos arqué, la parésie du train postérieur; un amaigrissement très marqué. Lorsque les animaux ont échappé à la mort par pleuro-péricardite, broncho-pneumonie ou paralysie, ils commencent leur convalescence dont la durée est longue et la terminaison incertaine.

Empêcher complètement l'évolution de cette maladie, permettre aux chiens de résister sans présenter le moindre trouble à la contamination expérimentale ou à la contagion naturelle, tel est le but que je me suis proposé. Cette Note a pour objet de faire connaître le résultat de mes expériences.

La vaccination est réalisée en inoculant en une seule fois sous la peau du chien à préserver une dose de virus suffisante pour le rendre en quelques jours réfractaire à l'infection. Il n'est pas possible actuellement d'obtenir le virus en culture. Je le recueille dans la rate qui en contient de grandes quantités. Le foie, le cerveau, le sang donnent des résultats variables. Dans d'autres maladies à virus filtrants, des essais de vaccination avec des émulsions d'organes ou de tissus traités par le formol ont donné des résultats inconstants, à Curasson dans la peste bovine, à Vallée Carré et Rin-

jard dans la fièvre aphteuse. Staub a publié au contraire des cas démonstratifs de vaccination par de tels produits contre la peste aviaire.

Dans la maladie du jeune âge des chiens, le virus, utilisé vivant à l'état naturel ou simplement atténué, est difficile à doser; son emploi conduit à des échecs. Tué par des agents chimiques il devient plus facile à titrer. On choisit comme producteur de virus un chien arrivé au maximum de l'ascension thermique qui suit la contamination (lè 3ᵉ ou 4ᵉ jour. L'animal est sacrifié par anasthésie prolongée au chloroforme. Sa rate est broyée et émulsionnée dans l'eau physiologique à raison de 1^g d'organe par 10^{cm^3} de solution. Le virus est tué par addition d'un antiseptique; la préférence doit être donnée au formol dont l'emploi a été préconisé et vulgarisé par Ramon avec le succès que l'on sait. L'émulsion vaccinante est utilisable au bout de 48 heures et peut être conservée plusieurs mois à la glacière. Inoculée sous la peau, à l'aide d'une grosse aiguille, à la dose de 10^{cm^3} par animal, elle confère l'immunité en six jours. Des nécessités d'expérimentation m'ont obligé à mettre des chiens vaccinés depuis quatre jours seulement au contact de témoins en pleine infection; ils ont fait une légère maladie fébrile sans symptômes extérieurs. Au total, j'ai vacciné jusqu'ici 19 chiens sensibles de 4 à 6 mois qui tous ont résisté dans la suite à l'inoculation de virus ou à la contagion directe. Cinq témoins pris dans les mêmes portées ont donné un cas de mort au 40ᵉ jour par paralysie, deux cas de maladie grave prolongée avec kératite et état cachectique, deux cas plus bénins.

Mes trois souches de virus, recueillies dans le Calvados et employées isolément, se sont comportées d'une manière identique. Les expériences de contrôle que cette Note suscitera, j'espère, nous apprendront si le virus de la maladie du jeune âge est le même partout ou s'il sera utile de constituer des vaccins formolés polyvalents.

M. **P. Quintavale** adresse une Note *Sur la possibilité d'imiter et de reproduire les carburants naturels.*

La séance est levée à $15^h 50^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AOUT 1927.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. *Émile Schwoerer*, Correspondant pour la Section de Mécanique.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 17 août au lieu du lundi 15.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission du spirochète de la musaraigne par* Ornithodorus moubata *et mécanisme de la transmission des spirochètes récurrents par les tiques.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson**.

Exposé. — La fièvre des tiques, maladie humaine de l'Afrique équatoriale, est causée par le spirochète de Dutton que transmet l'*Orn. moubata*. A. Léger et C. Mathis ont l'un découvert, l'autre bien étudié à Dakar une spirochétose de la musaraigne dont l'agent naturel de transmission n'a pas été déterminé encore. Nous avons montré, par l'étude des infections expérimentales, causées par ces deux spirochètes, et par les immunités croisées qu'elles laissent à leur suite que le Sp. de Dutton et celui de la musaraigne sont très voisins, sinon identiques.

Nos recherches présentes prouvent que l'*Orn. moubata*, agent naturel de transmission de la fièvre des tiques, transmet aussi le Sp. de la musaraigne.

En outre elles éclairent d'une façon inconnue et précise le mécanisme de la transmission des récurrentes par les tiques.

Expériences. — Ornithodores en provenance du laboratoire Brumpt, adultes (en majorité tout au moins), nourris en novembre 1926 sur un cobaye neuf, ne l'infectent pas. Divisés en deux lots :

Premier lot. — Ornithodores nourris le 7 janvier sur un cobaye, infecté du virus musaraigne; puis, le 8 février et 30 mars (32e et 82e jours) sur des rats neufs qu'ils n'infectent pas. Le 22 mai, mis à nouveau sur un rat, infecté du même virus. Le 1er juillet (31e jour de ce dernier repas, 174e du premier repas infectant), quatre de ces tiques sont broyées et le produit inoculé à un rat neuf qui s'infecte.

Ces ornithodores ont donné deux pontes dont les éclosions ont eu lieu vers les 22 mai et 25 juin. Les nymphes de la première série ont été nourries sur un même rat les 26 mai, 2, 10 et 22 juin et le 11 juillet, et celles de la seconde sur le même rat le 11 juillet. Ce rat s'est infecté le 22 juillet (11e jour du repas unique de la seconde série et du cinquième repas de la première, 56e jour du premier repas de celle-ci). Donc, *transmission du virus par piqûres de nymphes nées d'adultes infectés, incapables eux-mêmes de transmettre ce virus par leurs piqûres.*

Second lot. — Entretenu jusqu'en mai sur animaux neufs. Six exemplaires, broyés et inoculés à des rats neufs les 7 et 18 mai, ne les ont pas infectés; donc preuve surabondante de l'absence de tout virus chez ces tiques. Elles avaient pondu au début de mai. Éclosions vers le 14 mai. Les nymphes ont été nourries les 18 et 25 mai, 3 et 21 juin sur des rats infectés du virus de la musaraigne. Les 2 et 12 juillet, on les nourrit sur un même rat neuf. Ce rat montre des spirochètes à partir du 23 juillet (11e jour du second repas, 21e jour du premier). Donc, *transmission du virus par piqûres de nymphes, nées d'adultes sains et infectées à l'état nymphal.*

Résumé des expériences. — 1° L'*Ornithodorus moubata* transmet le spirochète de la musaraigne; 2° les nymphes le transmettent par leurs piqûres, que l'infection, chez elles, soit héréditaire ou expérimentale; 3° les ornithodores peuvent être infectés à l'état adulte; mais, dans ce cas, ils sont incapables de transmettre le virus par leurs piqûres.

Nous ignorons encore si les *Orn. moubata* adultes, provenant d'individus infectés à l'état nymphal, demeurent capables de transmettre le virus de la musaraigne par leurs piqûres. Il y a lieu de le penser. Nous avons constaté, en effet, que l'*Ornithodorus marocanus*, infecté du virus récurrent espagnol à l'état nymphal, reste infectant par piqûres lorsqu'il est parvenu à l'état adulte. Le mécanisme de la transmission des deux virus, étudiés pour chacune des deux tiques, mieux connu dans le cas d'*Orn. moubata* et du virus musaraigne que dans celui d'*Orn. marocanus* et virus espagnol, offre déjà des points communs démontrés : l'*Orn.* marocain adulte peut être infecté, mais ne transmet pas le virus par piqûres (expé-

riences inédites, pratiquées sur des exemplaires en provenance du Maroc et d'Espagne); l'infection est héréditaire chez cette tique (Ortega).

Conséquences de portée générale. — 1° Ces constatations apportent des arguments nouveaux à l'appui de notre opinion que le rôle principal, dans la transmission des virus récurrents par les tiques, appartient aux nymphes et que c'est du côté des petits mammifères (rongeurs surtout) sur lesquels elles vivent de préférence qu'il faut chercher les réservoirs actuels de ces virus et leurs origines anciennes. Gros mammifères (homme en particulier) et tiques adultes ne jouent, dans l'entretien des virus, qu'un rôle accessoire et récent.

2° De nombreux auteurs ont avancé (et les manuels répètent) que certains ornithodores peuvent être considérés comme les agents de transmission de divers spirochètes parce que ces tiques, broyées quelque temps après un repas virulent, ont infecté des animaux sensibles, alors que leurs piqûres ne réalisaient pas cette infection. Si nos expériences en cours étendent à d'autres ornithodores et à d'autres spirochètes les conclusions que cette Note apporte pour l'*Orn. moubata* et le virus de la musaraigne et qu'il soit prouvé que, dans ces cas nouveaux aussi, les nymphes, issues d'adultes infectants seulement par broyage, sont infectantes par piqûres, ces constatations imprévues ne sauraient être considérées comme la confirmation d'expériences sans méthode et de conclusions que rien n'autoriserait. La persistance d'un agent pathogène dans le corps d'un invertébré est un fait banal qui ne peut être donné comme un argument en faveur du rôle transmetteur de cet invertébré.

Pour que ce rôle puisse être évoqué, à plus forte raison admis, il faut apporter la démonstration du mécanisme de la transmission naturelle. Cette Note l'apporte, pour la première fois, pour un ornithodore et pour un virus récurrent.

M. **A. A. Michelson** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier, intitulé *Studies in Optics*.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences stratifiables.*

Note (¹) de M. S. Finikoff, transmise par M. Hadamard.

M. B. Segre (²) a signalé dans sa Note *Sur les transformations des réseaux* R une configuration remarquable de quatre congruences W : deux congruences R et deux congruences de M. Jonas décrites par les côtés opposés d'un quadrilatère gauche dont les sommets décrivent les nappes focales communes deux à deux de ces congruences.

Cette configuration avait été déjà envisagée par M. G. Fubini (³). Il a introduit la notion de couple de congruences stratifiables, qui est extrêmement féconde en configurations géométriques. Dans ce qui suit, j'expose les résultats auxquels je suis parvenu et que j'ai communiqués au Congrès des Mathématiciens russes en avril 1927.

Deux congruences K et K′ forment un couple *stratifiable* (³) s'il existe ∞^1 surfaces Σ dont les points sont situés sur les rayons de K et dont les plans tangents passent par les rayons correspondants de K′ et ∞^1 surfaces Σ' ayant leurs points sur les rayons de K′ et leurs plans tangents passant par les rayons de K.

Les asymptotiques (⁴) de toutes les surfaces Σ et Σ' se correspondent de sorte que chaque paire de surfaces Σ et Σ' détermine une congruence W; quatre surfaces Σ_1, Σ_2, Σ'_1, Σ'_2 sont toujours dans la relation du théorème de M. Bianchi sur la permutabilité des transformations par les congruences W.

Les congruences qui composent les couples stratifiables forment une classe particulière, mais assez étendue. La congruence stratifiable générale dépend d'une fonction arbitraire de deux arguments et de six fonctions arbitraires d'un argument.

Les foyers de la congruence K′ sont situés dans les plans focaux de K et vice versa, de sorte que les droites qui joignent les foyers homologues de K et K′ engendrent les congruences associées L et L′ avec les mêmes surfaces focales.

(¹) Séance du 1er août 1927.

(²) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1396.

(³) *Annali di Mathematica*, 4e série, 1, 1923, p. 241.

(⁴) Cf. A. Terracini, *Atti dei Lincei*, 6e série, 4, 1926, p. 348.

Si les développables de K et K′ se correspondent, toutes les surfaces Σ et Σ′ sont conjuguées aux congruences K et K′. Le couple est *stratifiable conjugué*. Les couples conjugués contiennent deux congruences R; les congruences L et L′ sont alors des congruences W, plus précisément les congruences de M. Jonas ([1]). Réciproquement, chaque congruence R détermine un couple conjugué avec quatre constantes arbitraires. Les congruences R appartenant au complexe linéaire déterminent en outre des couples stratifiables non conjugués avec deux fonctions arbitraires d'un argument.

Les réseaux qui correspondent sur les surfaces Σ et Σ′ aux développables du couple conjugué sont des réseaux R. Les réseaux R transformés sont situés sur les surfaces S et S′ qui sont dans la même relation que les surfaces Σ et Σ′ : leurs points sont situés sur les rayons des congruences C et C′ et leurs plans tangents passent par les rayons de C′ et C. Les congruences C et C′ forment un couple conjugué. Elles sont les congruences R transformées de K et K′ par la méthode de Laplace.

Les congruences des droites qui joignent les points homologues de Σ et S, de Σ′ et S′ composent elles-mêmes des couples conjugués.

Les diagonales du quadrilatère gauche des quatre rayons correspondants de K, K′, L, L′ du couple conjugué engendrent un couple stratifiable N, N′.

Deux couples stratifiables K, K′ et L, L′ forment un *quadruple stratifiable* s'ils sont mutuellement associés, c'est-à-dire s'ils ont les mêmes surfaces focales. Le quadruple général dépend de huit fonctions arbitraires d'un argument.

Le quadruple conduit à quatre familles de surfaces : Σ, Σ′ liées aux congruences K, K′, et S, S′ liées aux congruences L, L′.

Leurs asymptotiques se correspondent. Toutes les congruences P des droites qui joignent les points homologues d'une surface Σ et d'une surface S ont leurs foyers sur les rayons des congruences P_1 et P_2. Les congruences P_1, P_2, K et L ont une nappe de surface focale commune, la surface (K, L). Dualistiquement, les plans focaux de toutes les congruences P′ formées par les lignes d'intersection des plans tangents de Σ et de S passent par les rayons des congruences P'_1 et P'_2. Les congruences P'_1, P'_2, K′ et L′ ont une nappe focale commune, la surface (K′, L′). De même, les congruences Q des droites qui joignent les points de Σ′ et S′ ont leurs foyers sur les rayons de P'_1 et P'_2; les plans focaux des congruences Q′ composées des lignes d'intersection des plans tangents à Σ′ et S′ passent par les

([1]) Fubini, *loc. cit.*

rayons de P_1 et P_2. Les développables de toutes ces congruences P, Q, etc. se correspondent et correspondent au réseau conjugué commun des surfaces (K, L) et (K', L') et de toutes surfaces Σ, Σ', S, S'.

Si le couple stratifiable contient une congruence W, la seconde congruence du couple est une congruence W également.

Si le quadruple stratifiable contient une congruence W, toutes les quatre congruences sont des congruences R, tous les deux couples sont des couples conjugués; les congruences N, N' qui joignent diagonalement leurs foyers sont des congruences R formant un couple conjugué, chaque surface (K, L) contient au moins deux réseaux R.

Chaque congruence d'un complexe linéaire détermine avec deux fonctions arbitraires d'un argument des couples contenant deux congruences du même complexe. Les congruences R du complexe font en outre avec quatre constantes arbitraires des couples conjugués avec des congruences R n'appartenant pas au complexe.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvements internes les plus généraux d'une masse fluide hétérogène en rotation autour d'un axe.* Note (1) de M. **Pierre Dive**, transmise par M. Hadamard.

En se plaçant dans le cas où le champ de la pesanteur serait normal aux surfaces à densité constante, M. Rolin Wavre a établi récemment, dans des hypothèses très larges et par un procédé analytique remarquable, que ces surfaces devaient toujours tendre vers la forme ellipsoïdale au voisinage du centre du fluide (2). La comparaison de ce résultat et de celui de notre dernière Note (3) qui exclut, dans le même cas, toute stratification des masses en couche ellipsoïdales, a conduit M. Wavre à cette nouvelle proposition : le fluide considéré ne saurait être constitué de couches homothétiques homogènes.

Nous voudrions montrer que *les équations fondamentales de l'hydrodynamique permettent de définir un mouvement permanent de rotation pour un fluide ne satisfaisant pas nécessairement à la condition restrictive précédente.*

---

(1) Séance du 1er août 1927.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 739.

(3) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 371.

Nous ne préjugerons rien sur la distribution des températures à l'intérieur de la masse, ni sur son degré de compressibilité.

En toute hypothèse, nous nous donnerons la loi de répartition des densités. Il est presque évident que le mouvement des molécules sur leur trajectoire ne peut être uniforme que si les couches de densité constante sont de révolution; ceci résulte d'ailleurs d'une application simple de l'équation de continuité. Nous admettrons, en outre, que la stratification possède un plan équatorial de symétrie et que la densité des couches croît avec leur profondeur; au surplus, cette dernière condition est nécessaire pour la stabilité des mouvements.

Soient Oxy le plan équatorial, Oz l'axe de rotation; la densité ρ, le potentiel newtonien U des forces d'attraction, la vitesse angulaire ω et la pression p en un point du fluide ne dépendent que du carré $r^2 = x^2 + y^2$ de la distance à l'axe et du carré z^2 de la cote de ce point.

Le mouvement étant permanent, les équations fondamentales de l'hydrodynamique donnent la relation

$$(1) \qquad dp = \rho\left[\left(\frac{\partial U}{\partial r^2} + \frac{\omega^2}{2}\right) dr^2 + \frac{\partial U}{\partial z^2} dz^2\right];$$

ρ doit donc être facteur intégrant de l'expression différentielle entre crochets; pour cela il faut et il suffit que l'on ait

$$(2) \qquad 2\frac{D(\rho, U)}{D(r^2, z^2)} = \frac{\partial}{\partial z^2}(\rho\omega^2).$$

Le premier membre de cette équation étant connu, une intégration par rapport à z^2 donnerait l'expression de ω^2 à une fonction additive de r^2 près. Pour déterminer cette fonction, nous devons faire intervenir une nouvelle hypothèse; nous nous plaçons dans le cas des corps célestes en exprimant que la pression est invariable sur la couche superficielle de densité ρ_1 que nous supposerons constante.

Au lieu de r^2 et z^2, prenons comme variables r^2 et ρ, il vient simplement :

$$(3) \qquad \omega^2 = \frac{2}{\rho}\left\{\int_0^{\rho_1} \frac{\partial U}{\partial r^2} d\rho - \rho_1 \left[\frac{\partial U}{\partial r^2}\right]_{\rho=\rho_1}\right\}.$$

Un mouvement permanent n'est donc possible que pour les stratifications associées à une expression $\frac{\partial U}{\partial r^2}$ donnant une valeur positive au second membre de cette équation.

La formule (3) se prête aisément à la discussion des variations de ω^2 en profondeur suivant une parallèle à l'axe de rotation et en latitude sur une surface à densité constante. On a, en effet,

$$(4)\qquad \frac{\partial\omega^2}{\partial\rho} = \frac{2}{\rho^2}\int_{\rho}^{\rho_1} \rho\,\frac{\partial^2 U}{\partial r^2\,\partial\rho}\,d\rho,$$

$$(5)\qquad \frac{\partial\omega^2}{\partial r^2} = \frac{2}{\rho}\left\{\int_{\rho}^{\rho_1} \frac{\partial^2 U}{\partial r^2\,\partial r^2}\,d\rho - \rho_1\left[\frac{\partial^2 U}{\partial r^2\,\partial r^2}\right]_{\rho=\rho_1}\right\}.$$

La variation de ω^2 sur la couche superficielle ne dépend donc que du signe de

$$(6)\qquad \left[\frac{\partial^2 U}{\partial r^2\,\partial r^2}\right]_{\rho=\rho_1}.$$

Terminons par une remarque. L'équation (2), jointe aux équations fondamentales de l'hydrodynamique, donne la relation

$$(7)\qquad 2\,\frac{D(\rho, p)}{D(r^2, z^2)} = \rho^2\,\frac{\partial\omega^2}{\partial z^2};$$

d'où cette conséquence immédiate : si $\rho = f(p)$, $\frac{\partial\omega^2}{\partial z^2} \equiv 0$; c'est le théorème de M. Wavre ([1]). Et cette identité est encore vraie, pour toutes les stratifications possibles, dans la couche mince qui enveloppe le fluide, pourvu que cette couche ait une densité constante.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rôle des ondes continues Ψ en Mécanique ondulatoire.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans un Mémoire récent ([2]), nous avons montré comment on doit relier le mouvement des corpuscules de matière et de rayonnement à la propagation des ondes continues Ψ de la Mécanique ondulatoire. Nous avions exclu le cas où il existe un champ gravifique ; nous allons ici étendre nos résultats à ce cas en les exprimant à l'aide du calcul tensoriel.

Pour cela nous partons de l'équation générale de propagation donnée par

---

([1]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 277.

([2]) *Journal de Physique*, 6e série, **8**, 1927, p. 225.

M. De Donder pour les corpuscules de masse propre m_0 et de charge e :

$$(1)\qquad \frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^k}\left[\sqrt{-g}\,g^{kl}\frac{\partial\Psi}{\partial x^l}\right]-\frac{4\pi i}{h}\mathrm{P}^k\frac{\partial\Psi}{\partial x^k}=\frac{4\pi^2}{h^2}[m_0^2c^2-e^2\mathrm{P}^2].$$

Les P^k sont les composantes du vecteur potentiel et $\mathrm{P}^2=g_{kl}\mathrm{P}^k\mathrm{P}^l$ le carré de sa longueur. L'opérateur $\frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^k}\left[\sqrt{-g}\,g^{kl}\frac{\partial}{\partial x^l}\right]=-\,\square$ est la généralisation pour l'espace-temps non euclidien du Dalembertien changé de signe.

Posons (¹) :

$$(2)\qquad \mathrm{M}_0=\sqrt{m_0^2-\frac{h^2}{4\pi^2c^2}\frac{\square a}{a}}$$

et substituons dans (1) la fonction $\Psi=ae^{\frac{2\pi i}{h}\varphi}$, a et φ étant deux fonctions continues *réelles*. Il vient

$$(3)\qquad g^{kl}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x^k}-e\mathrm{P}_k\right)\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x^l}-e\mathrm{P}_l\right)=\mathrm{M}_0^2c^2,$$

$$(4)\qquad \frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^l}\left[\sqrt{-g}\,g^{kl}a^2\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x^k}-e\mathrm{P}_k\right)\right]=0.$$

L'équation (3) n'est pas autre chose que l'équation classique de Jacobi *dans laquelle on a substitué à la masse propre m_0 la masse propre « corrigée »* M_0. Les formules de l'ancienne Dynamique restent donc valables mais à condition d'opérer toujours cette substitution. Nous sommes ainsi naturellement conduits à poser pour définir la vitesse d'univers des corpuscules

$$(5)\qquad \mathrm{M}_0u^l=g^{kl}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x^k}-e\mathrm{P}_k\right),$$

et l'on vérifie qu'en vertu de (3), la relation nécessaire $u^ku_k=1$ est bien satisfaite.

L'équation (4) exprime que le vecteur de composantes covariantes

$$a^2\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x^k}-e\mathrm{P}_k\right)$$

a une divergence nulle. Il est naturel de supposer qu'elle traduit la conservation du nombre des corpuscules, c'est-à-dire qu'elle coïncide avec l'équation de continuité hydrodynamique :

$$(6)\qquad \frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^l}[\sqrt{-g}\,\rho_0u^l]=0,$$

(¹) Cf. *loc. cit.*, équation (56).

$\rho_0 u^i$ désignant ici les composantes du « courant de corpuscules s ». En vertu de (5) pour que (4) et (6) coïncident, on doit poser

$$\rho_0 = \text{const.}\, a^2 \mathrm{M}_0. \tag{7}$$

La densité en volume des corpuscules est donnée par la composante d'indice 4 du courant $\rho_0 u^i$; elle est donc égale à

$$\rho = \rho_0 u^4 = \text{const.}\, a^2 g^{4k}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x^k} - e\,\mathrm{P}_k\right). \tag{8}$$

Dans le cas de l'Univers euclidien de Minkowski, les formules (5) et (8) donnent de suite les formules fondamentales (I) et (II) du Mémoire cité au début. Conformément aux idées directrices dudit Mémoire, on peut résumer ce qui précède en disant : l'équation (3) montre que l'onde Ψ est une *onde pilote* guidant le mouvement des corpuscules tandis que l'équation (4) montre qu'elle est aussi une *onde de probabilité* déterminant la probabilité de présence en un point des corpuscules quand on ignore leurs positions initiales.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption et d'émission de l'oxyde azotique dans l'ultraviolet.* Note de M. **Maurice Lambrey**, transmise par M. Ch. Fabry.

L'oxyde azotique AzO a toujours été considéré comme complètement transparent. Cependant j'ai pu établir pour lui l'existence d'un spectre d'absorption et, grâce à l'emploi du spectre d'émission continu de l'hydrogène [1], en étudier la structure fine particulièrement intéressante.

Le gaz est obtenu par l'action de l'acide azotique sur le sulfate ferreux en solution sulfurique. Lorsque le dégagement gazeux ne paraît plus coloré, il est envoyé dans une solution de sulfate ferreux préalablement privée d'air par ébullition dans le vide. Après une nouvelle ébullition dans le vide, le composé formé est décomposé. Le gaz, reçu dans un ballon vidé jusqu'à une pression non mesurable à la jauge, y séjourne en présence de soude caustique. Enfin, par l'application de neige carbonique et d'acétone, on peut condenser les impuretés moins volatiles.

Je me suis d'ailleurs assuré que, d'une part, les vapeurs rutilantes ont dans la région étudiée un coefficient d'absorption non sélective très élevé; d'autre part, l'oxyde azoteux Az^2O n'y présente qu'une absorption générale

(1) Lambrey et Chalonge, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1057.

faible, le coefficient d'absorption étant de l'ordre de 0,02 à 2200 Å et croissant quand la longueur d'onde diminue.

Le spectre observé par AzO apparaît sous une faible dispersion comme une série de doublets très étroits dont les longueurs d'onde sont indiquées au Tableau I, colonnes (I) et (II). Pour fixer les idées, le coefficient d'absorption ([1]) atteint pour le premier de ces doublets les valeurs suivantes approchées à $\frac{1}{5}$ près :

Premier maximum	$\lambda = 2267,3$	$\alpha = 1$
Minimum	$\lambda = 2264,5$	$\alpha = 0,7$
Second maximum	$\lambda = 2260,85$	$\alpha = 1,5$

Pour les autres doublets, a reste du même ordre. L'absorption générale entre les doublets est très faible. J'ai pu, grâce à ce spectre, reconnaître l'existence de AzO à l'état d'impureté dans un gaz ayant barboté lentement dans une solution de sulfate ferreux.

Avec une plus grande dispersion, l'examen des deux premiers doublets montre que : 1° chacune des composantes est en réalité double ; 2° la structure est même plus complexe, ainsi que l'indique le Tableau II donnant les accidents principaux de la courbe d'absorption ; 3° chacune des composantes des doublets est une tête de bandes, ceci étant indiqué non seulement par la dissymétrie caractéristique de la courbe d'absorption, mais aussi par le fait que les bandes elles-mêmes sont visibles sur de nombreux clichés. Leur distance moyenne est 0,57 Å, ce qui indique, d'après les formules classiques, pour le moment d'inertie de la molécule AzO et pour la distance approximative des atomes constituants, les valeurs respectives

$$I = 0,22.10^{-39}\,\text{C.G.S.} \quad \text{et} \quad l = 0,45.10^{-8}\,\text{cm}.$$

Enfin, en excitant par décharge sans électrodes le gaz étudié qui s'illumine en mauve, on obtient un spectre d'émission qui comprend, outre de nombreuses raies dans le visible et le début de l'ultraviolet, les deux premiers doublets d'absorption et toute une suite de doublets diffus formant série avec les précédents. Les longueurs d'onde de ces têtes de bandes sont données dans le Tableau I. On peut représenter les quatre doublets d'ab-

([1]) Le coefficient d'absorption ici employé est défini par $\alpha = \log_{10}\frac{I_0}{I}$, I_0 désignant l'intensité d'un rayonnement incident, I celle du rayonnement émergent correspondant après traversée d'une épaisseur 1^{cm} du gaz dans les conditions normales.

sorption et les plus intenses des doublets d'émission par les formules

$$\nu = 10^4(4423 \pm 212n + 19n + 2,4n^2),$$
$$\nu = 10^4(4411 \pm 212n + 19n + 2,4n^2),$$

relatives respectivement à chacune des composantes et où ν désigne le nombre d'ondes par centimètre, le nombre entier n prenant les valeurs de 0 à 3 pour la branche positive et les valeurs 0 à 5 pour la branche négative.

TABLEAU I.

1948	A	2147,5	A tf	2348	f	2537	f	2660	f	2798	tf
1952	A	2153	A tf	2363	F	2548	f	2667	f	2808	tf
2041	A	2238	f	2369	F	2556	f	2677	f	2842	f
2046	A	2243	f	2444	f	2572	f	2710	F	2855	f
		2261	A F	2457	f	2585	F	2719	F		
		2267	A F	2471	F	2593	F				
				2478	F						

A désigne les bandes d'absorption; F, f, tf désignent respectivement, parmi les bandes d'émission, celles qui sont intenses, peu intenses, et très faibles.

TABLEAU II.

Structure fine de deux doublets d'absorption.

–	–	2258,0	inflexion
2147,5	arête principale	2260,85	arête principale
2148,8	arête secondaire	2262,5	arête secondaire
2150,7	maximum secondaire	2265,1	inflexion
2153,2	arête principale	2267,3	arête principale
2154,6	arête secondaire	2269,1	arête secondaire
2155,7	maximum très faible	–	–

Une certaine analogie pouvant être recherchée entre l'oxyde azotique et l'oxyde de carbone, j'ai examiné le spectre d'absorption de ce gaz et j'ai pu y découvrir une bande fine à 2060 Å ainsi que deux autres, douteuses, à 1997 Å et à 1963 Å.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des matières adsorbantes sur les équilibres chimiques en solution.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Jean Bravard**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Divers auteurs ont reconnu que, conformément aux prévisions de la physico-chimie, certains états d'équilibre étaient modifiés par l'addition de substances adsorbantes ([1]). Nous nous sommes proposé de rechercher si de semblables phénomènes se manifestaient dans une réaction qui paraît jouer un rôle important dans la fixation par le sol d'engrais particuliers : nous voulons dire l'action des sels ammoniacaux sur le carbonate de calcium ([2]).

Cette réaction peut être représentée par l'équation

$$2\,NH^5Cl + CO^3Ca \rightleftharpoons CO^3(NH^4)^2 + CaCl^2.$$

Mais le carbonate d'ammoniaque est hydrolysé; l'acide carbonique libéré réagit sur le calcaire en excès pour donner du bicarbonate soluble, si bien qu'il n'est pas possible de déterminer la proportion des diverses substances (ammoniaque libre, chlorure d'ammonium, carbonate d'ammoniaque, chlorure de calcium, carbonate neutre et bicarbonate de calcium, acide carbonique) qui existent finalement dans la solution. Du moins peut-on caractériser l'état du système par dosage du calcium dissous.

Nous avons donc mis en contact un excès de carbonate de calcium précipité avec des solutions à titre connu de chlorure d'ammonium. Le tout était agité mécaniquement, puis nous dosions la chaux passée en solution. Ces expériences ont été répétées à des températures différentes, en présence et en l'absence de matières adsorbantes, employées toujours à la dose de 40^g de poudre pour 1^l de liquide. Les résultats obtenus ont été consignés dans les tableaux suivants :

Tableau I. — *Matière adsorbante : Kieselhgur traité à l'acide chlorhydrique et lavé à l'eau chaude et froide jusqu'à neutralité complète* (température 17°).

Concentration des solutions de NH^4Cl.	4N.	2N.	N.	$\frac{N}{2}$.	$\frac{N}{4}$.	$\frac{N}{8}$.	$\frac{N}{16}$.
CaO en milligrammes par litre avec kieselguhr..........	623	580	486	418	362	314	264
CaO en milligrammes par litre sans kieselguhr..........	482	432	328	248	188	»	104

([1]) Van Bemmlen, *J. f. prakt. Chem.*, 23, 1883, p. 342. — Freundlich und Loey, *Zeit. f. phys. Chem.*, 59, 1907, p. 284.

([2]) Voir en particulier Dehérain, *Traité de Chimie agricole*, Paris, 1902, p. 517.

TABLEAU II. — *Matière adsorbante : Kieselguhr traité* (températures : 17°, 41°, 53°).

t.		Solution NH^4Cl N/4. CaO en milligrammes par litre.	Solution NH^4Cl N/4. Influence du kieselguhr.	Solution NH^4Cl N. CaO en milligrammes par litre.	Solution NH^4Cl N. Influence du kieselguhr.
17°	avec kieselguhr........	362	174	486	158
	sans »	188		328	
41°	avec »	350	100	540	140
	sans »	250		400	
53°	avec »	370	95	555	95
	sans »	275		460	

TABLEAU III. — *Matières adsorbantes :* O, *pas d'adsorbant;* I. *Kieselguhr;* II. *Sable de Fontainebleau;* III. *Silice préparée par hydrolyse du fluorure de silicium;* IV. *Argile des Eyzies;* V. *Kaolin des Pieux;* VI. *Kaolin de Marsaguet. Solutions normales de* NH^4Cl (température : 17°).

Matière adsorbante.	O.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
CaO en mg par litre.....	326	478	365	725	351	370	402

L'introduction des substances adsorbantes produit donc un déplacement d'équilibre qui, dans les cas étudiés, est toujours un accroissement important de la proportion de chaux solubilisée.

Ce déplacement doit bien être rattaché à des phénomènes d'adsorption. Des dosages directs nous ont en effet montré que la concentration en ammoniaque était réduite pour les solutions mises au contact de carbonate de chaux et de kieselguhr ([1]). En outre l'activité des diverses matières est moins grande à chaud qu'à froid (voir le tableau II), et l'on sait que dans tous les cas connus l'adsorption diminue d'intensité quand la température s'élève.

([1]) Dosages directs d'ammoniaque :

Concentration primitive de la solution de NH^4Cl.	Teneur de la solution en ammoniaque avant contact (mg par litre).	Teneur de la solution en ammoniaque après contact avec le calcaire et le kieselguhr.	Différence.
$\frac{N}{16}$	1059	1013	46
$\frac{N}{4}$	4239	4190	49

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'alcool oléylique et de ses dérivés. Obtention de l'oléicérine, de l'élaïdicérine et de l'alcool stéarolylique.* Note (¹) de M. ÉMILE ANDRÉ et Mlle TH. FRANÇOIS, transmise par M. Charles Moureu.

Nous avons précédemment indiqué les caractères de quelques dérivés de la fonction alcool de l'alcool oléylique et de son stéréoisomère l'alcool élaïdylique : phényluréthanes, β-naphtyluréthanes et allophanates (²). Nous décrivons dans la présente Note quelques dérivés de la fonction éthylène de ces deux alcools.

L'alcool oléylique, $C^{18}H^{36}O$ (normal *trans*-octodécène-9.10-*ol*-1), fournit avec le brome un composé d'addition liquide, que nous avons fait réagir sur l'acétate d'argent au sein de l'acide acétique, en vue d'obtenir l'éther diacétique correspondant. Ce dernier a été saponifié par la potasse alcoolique et l'on a obtenu finalement un trialcool à la fois alcool primaire et α-glycol bisecondaire. Nous appelons oléicérine ce composé, pour rappeler en même temps sa parenté avec la glycérine et sa qualité de dérivé de l'alcool oléylique. C'est le normal-octodécane-*triol*, *trans*-1.9.10. Ce nouveau trialcool est bien cristallisé, son toucher est résineux, il est relativement peu soluble dans l'éther, plus soluble dans le chloroforme. Après plusieurs cristallisations dans l'éther, il fond à 126°,5. Au point de vue chimique, il est nettement caractérisé par la réaction qui lui donne naissance et par son indice d'acétyle (599) représentant très sensiblement la valeur théorique (596) (³).

L'alcool élaïdylique, traité exactement de même, a fourni l'élaïdicérine ou normal-octodécane-*triol*, *cis*-1.9.10. C'est un composé cristallisé, facilement soluble dans l'éther, qui fond à 92°, soit environ 35° plus bas que son stéréoisomère, contrairement à toutes nos prévisions.

Les glycérines de la forme de l'oléicérine et l'élaïdicérine sont des substances d'un type nouveau; nous en poursuivons l'étude.

En faisant réagir sur le dérivé d'addition dibromé de l'alcool oléylique,

---

(¹) Séance du 1er août 1927.

(²) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 279.

(³) Nous rappelons que nous désignons sous ce nom la quantité d'acide acétique, exprimée en milligrammes, nécessaire pour éthérifier 1g de substance. E. ANDRÉ, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 335).

soit la potasse en solution alcoolique, soit l'amidure de sodium au sein du toluène ou du xylol, d'après la méthode de Bourguel [1], nous devions obtenir l'alcool acétylénique correspondant ou alcool stéarolylique $C^{18}H^{34}O$.

Avant de tenter ces réactions, nous avons préparé ce composé par une autre voie, en réduisant le stéarolate d'éthyle au moyen de l'alcool absolu et du sodium. L'acide stéarolique d'où nous sommes partis fondait à 48°, conformément aux indications d'Overbeck, qui le prépara pour la première fois en 1866 [2]. La réduction de son éther éthylique nous a fourni l'alcool correspondant avec un rendement de 35 pour 100, alors que la même réaction, appliquée au stéarate d'éthyle, ne nous avait donné qu'un très faible rendement en alcool octodécylique.

L'alcool stéarolylique, par évaporation lente de sa solution éthérée, s'obtient sous forme de très beaux cristaux, fondant à 26°. Nous avons préparé sa phényluréthane, qui fond à 53°, et sa β-naphtyluréthane, qui fond à 71°,5.

Pour caractériser la fonction acétylène, nous l'avons transformée, par hydratation au moyen de l'acide sulfurique concentré, en fonction cétone, réaction classique, qui nous a fourni, toutes opérations terminées, l'alcool céto-octodécylique, composé non encore décrit, dont le point de fusion est de 148° (bloc Maquenne) et dont nous avons préparé l'oxime.

En possession de l'alcool stéarolylique ainsi préparé, et nettement caractérisé par diverses réactions, nous avons entrepris de l'obtenir en partant de l'alcool oléylique. L'action de la potasse alcoolique sur l'alcool dibromo. 9.10-octodécylique doit être pratiquée en tube scellé vers 140-150°, pour éliminer tout le brome. On obtient non pas l'alcool cherché, mais un mélange de plusieurs alcools; dont l'étude est en cours.

L'action de l'amidure de sodium sur le même dérivé bibromé, au sein du xylol, conduit, elle aussi, à un mélange d'alcools.

En résumé, nous avons obtenu :

1° A partir de l'alcool oléylique et de son stéréoisomère, l'alcool élaïdylique, des glycérines d'un type nouveau : l'oléicérine et l'élaïdicérine.

2° A partir de l'acide stéarolique, un alcool acétylénique nouveau, l'alcool stéarolylique, qui a été caractérisé par plusieurs de ses dérivés.

---

(1) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 751.

(2) *Annalen der Chem. u. Pharm.*, **140**, 1866, p. 49.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Modifications de méthodes et de traitements pouvant résulter de l'application de la théorie des antioxygènes.* Note [1] de M. **J. Dugué**, transmise par M. Charles Moureu.

MM. Moureu et Dufraisse, les savants auteurs de cette théorie, n'ont pas manqué de signaler l'action de l'oxygène sur le caoutchouc. A côté de la fonction chlorophyllienne, qu'elles partagent avec le reste du règne végétal, les plantes gommifères élaborent, en même temps que le caoutchouc, des sucres, résines, protéines et autres matières que l'analyse retrouve dans le latex. Certains de ces produits sont avides d'oxygène à la température ordinaire, dans une mesure égale à celle du caoutchouc. Et, pour ce dernier, leur présence dans le réseau laticifère réalise des conditions de protection et de conservation cadrant avec la théorie générale de l'action antioxygène.

Avec les méthodes actuelles de récolte, chaque goutte de latex qui s'échappe de l'incision perle, ruisselle et se joint aux autres, emprisonnant de l'air et en entraînant par dissolution et adsorption. S'il est pratiquement impossible de recueillir le latex à l'abri de l'air, on devrait lui ajouter dès sa récolte de l'antioxygène, pour suppléer à l'insuffisance possible ou à la destruction partielle des antioxygènes naturels, et éviter un contact prolongé avec l'air.

De plus, une concentration dans le vide serait avantageuse pour extraire presque tout l'oxygène, en même temps qu'elle correspondrait à une notion nouvelle sur le latex. Le carbure caoutchouc (isoprène ou tout autre), dont on ne connaît guère jusqu'ici que la composition centésimale, se trouve à l'état de suspension dans le latex. Il s'y présente en particules piriformes, probablement parce qu'aussitôt élaborée la matière subit en pénétrant dans le sérum une contraction avec tension interne analogue à celle du verre dans les larmes bataviques. D'une densité voisine de celle du milieu liquide, elles y flottent comme les gouttelettes de brouillard dans l'air participant au mouvement brownien, et quand des modifications intervenues (par suite d'évaporation de l'eau, de coagulation des colloïdes du latex) les ont suffisamment rapprochées, elles adhèrent et se soudent plus ou moins énergiquement, suivant les circonstances particulières qui ont provoqué,

(1) Séance du 1er août 1927.

facilité ou accompagné cette agglomération. Ce serait le rôle des agents physiques, chimiques, électriques, mécaniques, dans le phénomène de prise en masse ou de solidification du caoutchouc.

Par analogie avec les méthodes de la métallurgie, on devrait imaginer des *traitements gommurgiques*. A l'origine, on pourrait s'inspirer du procédé employé et décrit par Fresneau : un moule que « l'on enduit entièrement de suc laiteux... après quoi on expose cet enduit sur une fumée épaisse, où l'ardeur du feu se fasse sentir ». Cette évaporation modérée permet de tirer parti de la *plasticité de la gomme*, « on peut faire tel dessin que l'on souhaite avec une pointe de fer ou de bois dur », que l'industrie actuelle obtient avec peine par les déchiquetages, malaxages, laminages des boules de Para, des crêpes, des feuilles fumées : toutes opérations qui commencent par détruire des objets fabriqués sous une forme déterminée, tel le forgeron qui recueille des fragments d'objets pour les souder grâce au feu et à l'enclume et façonner de nouvelles pièces.

On observera que la boule de Para, plastique quand elle vient d'être préparée et contient de 20 à 25 pour 100 d'eau, perd cette propriété en se desséchant, pour acquérir cette grande déformabilité élastique du caoutchouc. L'adhésivité de la gomme fraîche fut également signalée par Fresneau pour en « faire des prélarts, des manches de pompes, des habits de plongeurs, des outres, des sacs pour renfermer les biscuits en campagne, sans crainte que cette matière donnât aucune mauvaise odeur ». Il prévoyait qu'elle permettrait d'enduire une multitude d'objets qu'elle garantirait contre toute cause de détérioration.

La récente Exposition Internationale du Caoutchouc a montré sous le nom de Revertex, du latex concentré à la teneur de 25 pour 100 d'eau. Cette pâte résout le problème que posait Fresneau en observant : « Mais toutes ces choses ne peuvent s'exécuter que sur les lieux où croissent les arbres. »

Le phénomène d'auto-oxydation, avec la polymérisation qui suit, permet une interprétation du vieillissement si l'on conçoit que les polymères n'ont plus l'élasticité du caoutchouc et sont plus ou moins rigides et cassants, surtout à froid. On sait que c'est en cherchant à parer à l'altération par le froid des articles en caoutchouc que Goodyear a découvert fortuitement le traitement par le soufre à chaud, appelé depuis la vulcanisation.

Au cours de cette opération, le soufre se combine d'abord au caoutchouc, puis provoque sa polymérisation. Cette action correspond à celle de l'oxygène à froid. Dans les conditions de pression et de chaleur pratiquées pour la

vulcanisation à chaud, il se produit en troisième lieu, tout comme dans le cracking des huiles lourdes de pétrole, une dépolymérisation qui reconstitue la gomme élastique. Ce traitement réaliserait donc une régénération. On conçoit qu'il soit activé par les accélérateurs, qui sont des antioxygènes et agissent comme antisoufres, suppriment le deuxième phénomène (la polymérisation).

Mais la vulcanisation, s'opérant sous pression, n'a pas éliminé l'oxygène emprisonné dans la masse, qui reprend à froid son rôle de catalyseur de polymérisation, agent de vieillissement.

De même qu'on a pu réaliser des aciers inoxydables, si l'on parvenait par un traitement convenable à préserver le caoutchouc de l'auto-oxydation, la vulcanisation n'aurait plus lieu d'être. La gomme cependant se détruirait par un long usage sous l'effet d'un phénomène similaire à la fatigue du métal.

En attendant, on disposerait d'une matière homogène, aux propriétés bien définies, obtenue par des traitements physiques et mécaniques, avec une dépense moindre de combustible et d'énergie. L'industrie du caoutchouc ne relèverait plus essentiellement de la chimie, mais constituerait une branche spéciale dans la technique moderne : la *gommurgie*, pour lui donner un nom.

GÉOLOGIE. — *Sur les conditions de gisement du Montien du Port-Marly* (*Seine-et-Oise*). Note (1) de MM. **R. Abrard**, **L. Joleaud** et **Paul Lemoine**.

Les couches du Port-Marly, rapportées au Montien, dont Elie de Beaumont (2) a donné une coupe, sont restées très longtemps inaccessibles à l'observation. Actuellement les travaux d'établissement d'une route dans le lotissement du « Parc des Lions » ont mis à jour à nouveau un gisement de Montien qui se présente dans des conditions très spéciales, à l'ouest de la vallée de la Seine, sur le flanc droit du petit vallon où se trouve l'église du Port-Marly et face à elle (3).

On observe la succession suivante de haut en bas :

3. Marne englobant des blocs du calcaire sous-jacent, dont elles sont un faciès d'altération, visible sur 1 à 2m.

(1) Séance du 1er août 1927.
(2) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1re série, 4, 1834, p. 392.
(3) L'existence de ce gisement nous a été signalée par M. Silvestre de Sacy.

2. Gros banc de calcaire compact à Foraminifères, avec parties vacuolaires, fossilifère, passant par places à un calcaire rosé (1^m).

1. Calcaire esquilleux, d'apparence noduleuse, quelquefois crayeux, avec rares moules de Lamellibranches ($1^m,50$).

C. Craie blanche.

Le banc 1, par lequel débuterait le Montien, a parfois l'aspect et la consistance de la craie. Ce n'en est cependant pas : il est plus jaunâtre; on n'y trouve pas les silex observables dans la craie en place à quelques mètres de là. Des parties plus dures, à grain fin, irrégulièrement distribuées lui donnent un aspect très particulier; d'autres parties crayeuses s'y observent fréquemment; elles sont dues à la reprise par la mer montienne d'éléments empruntés au littoral voisin et soit partiellement dissous et reprécipités, soit simplement roulés à l'état de blocs plus ou moins volumineux.

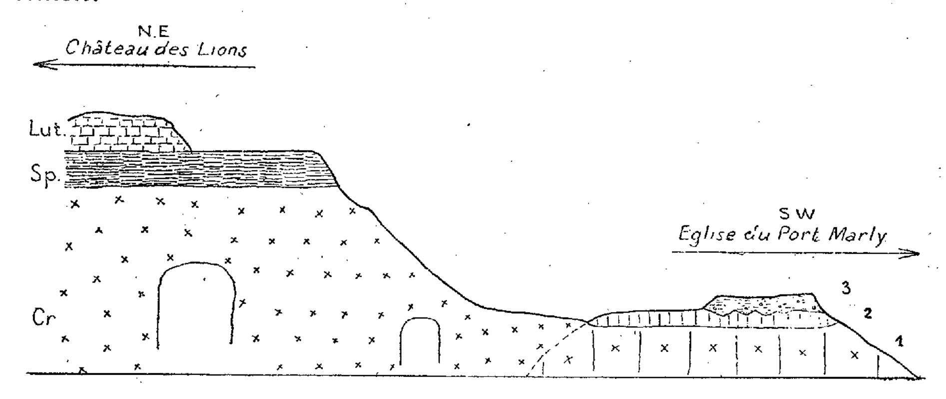
On ne voit pas le contact de ce calcaire avec la craie qui doit être au-dessous. Latéralement, il passe progressivement à la craie en place, sans qu'il soit possible d'établir la limite entre ces deux formations, bien qu'on les voie nettement sur toute la zone de transition.

Le banc 2, formant saillie, est rempli d'empreintes de fossiles, parmi lesquels de nombreux Polypiers, dont *Ellipsosmilia supracretacea* d'Orb. et des moules de Mollusques : *Cardita Hebertiana* d'Orb., *Phacoides supracretaceus* d'Orb., *Mesalia* sp. (voisine de *M. multisulcata* Lmk.), *Turritella* (plusieurs espèces), *Cerithium* (plusieurs espèces). On note l'absence de *Lima carolina* et de *Turritella montensis*, la rareté relative des Algues calcaires et des radioles de *Cidaris*. C'est une faune tertiaire à caractère chaud, ce qui explique les analogies des associations animales montiennes et lutétiennes. Ce calcaire ne se présente pas sous un aspect pisolithique; on ne retrouve pas ici le banc à fossiles roulés signalé par Elie de Beaumont dans la carrière du Port-Marly; mais le faciès changeant d'un point à un autre, ce banc a pu exister en un point non accessible aujourd'hui. Ces calcaires sont accolés à la craie typique.

Les marnes 3, d'aspect général clair, sont un peu ocreuses à la base, bleuâtres au sommet. Nous n'y avons pas trouvé de fossiles. Elles contiennent à la fois des nodules de calcaires blancs pulvérulents et des blocs de calcaire dur sous-jacent. On est en présence de couches originellement calcaires, que les phénomènes de décalcification postmontiens ont parfois fait descendre dans des sortes d'entonnoirs de dissolution.

Localisation du gisement. — Ce gisement se trouve nettement en contrebas du sommet de la craie, anciennement exploitée et encore visible sous le

taillis à une cinquantaine de mètres de distance dans le mamelon voisin où elle est couronnée d'argile plastique, *sans interposition visible de calcaire montien.*



Cette conclusion est renforcée par l'étude des tranchées de la route qui contourne le château des Lions. A ses entrées amont et aval, on voit la craie en place. Celle-ci est surmontée par de l'argile plastique éboulée, qui a entraîné en coulant des blocs de craie, de calcaire grossier inférieur et de calcaire grossier supérieur, mais nous n'y avons trouvé aucun bloc de calcaire montien.

Ce petit gisement de Montien apparaît donc comme très localisé. Ses sédiments sont adossés à la craie et se sont déposés dans une dépression préexistante de celle-ci. Ces observations nouvelles sont d'autant plus importantes que Port-Marly est cité par G. Dollfus (¹) dans la liste des localités où le Montien est concordant sur la craie. Son mode de gisement est en réalité identique à celui de Vigny, Montainville, Laversines, Ambleville, Gaillon, Vertus.

Ces conditions de gisement corroborent donc complètement les idées émises (²) sur l'allure si spéciale de la mer montienne, qui a été localisée dans d'anciens vallonnements. Elle aurait envahi non seulement les talwegs principaux, mais aussi les talwegs secondaires d'un réseau hydrographique rappelant singulièrement par son tracé le réseau actuel.

(¹) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4ᵉ série, 12, 1912, p. 664.

(²) P. Jodot, L. Joleaud, P. Lemoine et P. Teilhard de Chardin, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4ᵉ série, 22, 1922, p. 164-174,

SÉISMOLOGIE. — *Tremblements de terre en France en* 1926. Note de MM. E. **Rothé**, **J. Lacoste** et Mlle **Y. Dammann**, présentée par M. Bigourdan.

Quinze tremblements de terre bien caractérisés ont été ressentis en France au cours de l'année 1926. D'autres secousses faibles, mais fréquentes dans certaines régions, sont indiquées à la fin de cette Note. Les régions des Pyrénées et du Plateau Central se sont montrées plus stables que les années précédentes, tandis que les phénomènes les plus importants ont affecté l'Alsace et les côtes de la Manche. Un Mémoire détaillé sur ces séismes sera publié ailleurs.

Région Sud-Est. — Alpes-Maritimes : 13 *avril*, 23^h25^m, Sospel, IV-V, 5 *décembre*, 3^h25^m, secousse ressentie dans les cantons de Sospel III-IV, de Breil, de l'Escarène, de Menton et de Villefranche-sur-Mer, II-III.

Haute-Savoie : 5 *mai*, 21^h45^m, un séisme ayant son origine en Suisse (Haut-Valais) a été ressenti dans le canton de Douvaine, III-IV.

Région Sud-Ouest. — Hautes-Pyrénées : 10 *janvier*, 4^h57^m, très légère secousse à Argelès-Gazost et Cauterets; 15 *avril*, 20^h30^m, Argelès-Gazost et Aucun III. De faibles secousses ont été ressenties à Bagnères-de-Bigorre le 10 *mars*, à 22^h49^m, le 21 *mai*, à $9^h08^m59^s$, le 18 *juin*, à 13^h10^m (h. l.), le 6 *août*, à $6^h12^m49^s$ et le 10 *septembre*, à 5^h.

Région du Centre. — Le 18 *octobre*, vers 21^h, un séisme dont l'intensité ne dépasse pas le degré V, s'est produit sur la rive droite de la Loire, dans la région de Bourgueil (Indre-et-Loire). Il s'est propagé principalement le long de la vallée de la Loire, de Chouzé (V) à Langeais (IV) et suivant une direction sensiblement perpendiculaire, de Chouzé à Vernantes.

Ce tremblement de terre paraît être une extension vers le Nord des mouvements plus importants qui, en septembre et en décembre 1925, ont affecté toute la région du Centre et ont été ressentis jusque sur les rives de la Loire (Chinon et Tours, III).

Région Est. — Le 5 *janvier*, $23^h37^m12^s$, un séisme dont l'épicentre est situé dans la région de Créfeld (pays rhénans) a été ressenti dans le département de la Moselle, à Manom (arrondissement de Thionville), IV-V. Le 2 *mai*, $1^h43^m53^s$, une secousse de degré V a ébranlé, en même temps que la région de Kehl, l'arrondissement de Strasbourg (V).

Le 28 *juin*, $22^h00^m39^s,8$, un tremblement de terre assez important s'est produit dans le Kaiserstuhl (Bade), îlot montagneux isolé dans la plaine du Rhin et traversé par deux failles de direction N-S. Les inscriptions obtenues dans différents observatoires en France, en Suisse et en Allemagne, ont permis de déterminer l'épicentre ($\varphi = 48°10'$ Nord, $\lambda = 7°38'$ Est), situé à l'extrémité nord de la faille occidentale, dans une région qui a été le centre de nombreux séismes.

L'aire macroséismique comprend, en Allemagne et en Suisse, les villes de Fribourg, Bade, Wildbad, Schaffhouse, Berne et Lausanne et s'étend en France sur plusieurs

départements. L'intensité paraît avoir atteint le degré VII dans la région épicentrale, tandis qu'elle ne dépasse guère en France le degré VI (Colmar VI, Sélestat V, Strasbourg, Épinal, Besançon, Poligny, IV). Elle s'arrête, au Nord-Ouest, contre le Plateau lorrain qui se comporte comme une aire aséismique.

Le 3 *décembre*, $6^h 50^m 29^s,5$, secousse de degré IV ressentie le long de la vallée de la Moselle, de Bussang à Épinal.

Région Ouest. — Le 30 *juillet*, $13^h 22^m$, un tremblement de terre dont l'épicentre se trouve probablement dans la Manche, entre les côtes françaises et les îles anglo-normandes, a été ressenti sur toute la côte normande et légèrement dans le bassin parisien [1].

Des secousses faibles ont, en outre, été signalées dans le Cher, à Châteaumeillant (7 secousses du 13 *au* 26 *janvier*) et à Culan (22 *avril*), et des secousses douteuses à Paris (26 *juin*), à Oloron-Sainte-Marie (Basses-Pyrénées, 11 *avril*), à Nîmes (5 *décembre*) et, dans les Alpes-Maritimes, à Peil (5 *décembre*) et à Contes (13 *décembre*); certains observateurs admettent également que le 24 novembre, les éboulements de la Roquebillière ont été précédés et accompagnés de secousses séismiques.

BOTANIQUE. — *Une Composée nouvelle remarquable au point de vue phylogénique*, Tisserantia africana, *gen. nov.*, *sp. nov.* Note [2] de M. **Henri Humbert**, présentée par M. H. Lecomte.

La Composée dont il s'agit est une Hélianthée - Mélampodinée, découverte dans l'Oubanghi par le R. P. Tisserant. Elle se place au voisinage immédiat de plusieurs genres *américains*, dont elle est bien plus proche que des Hélianthées africaines connues jusqu'ici. Elle se singularise par des caractères d'inflorescence de nature à élucider la phylogénie d'un des groupes les plus intéressants de la famille. L'extrémité de la tige (et des rameaux) forme l'axe principal d'une inflorescence ovoïde compacte (*fig.* 1), portant de nombreuses bractées de premier ordre B_1 (*fig.* 2), imbriquées en spire $\left(\frac{5}{13}\right)$; les trois plus inférieures sont stériles; chacune des autres offre à son aisselle (*fig* 3-5):

1° Une bractée médiane b_2, *inverse* par rapport à B_1 : dans les trois faisceaux libéro-ligneux de B_1, le liber est vers l'extérieur (disposition normale); dans l'unique faisceau de b_2, le liber est vers l'intérieur de l'inflorescence générale, le bois vers l'extérieur;

2° De chaque côté de b_2, deux bractées b'_{2g}, b'_{2d}, opposées, pliées-carénées,

---

[1] L'étude détaillée de ce séisme a été faite par M. Kerforne.

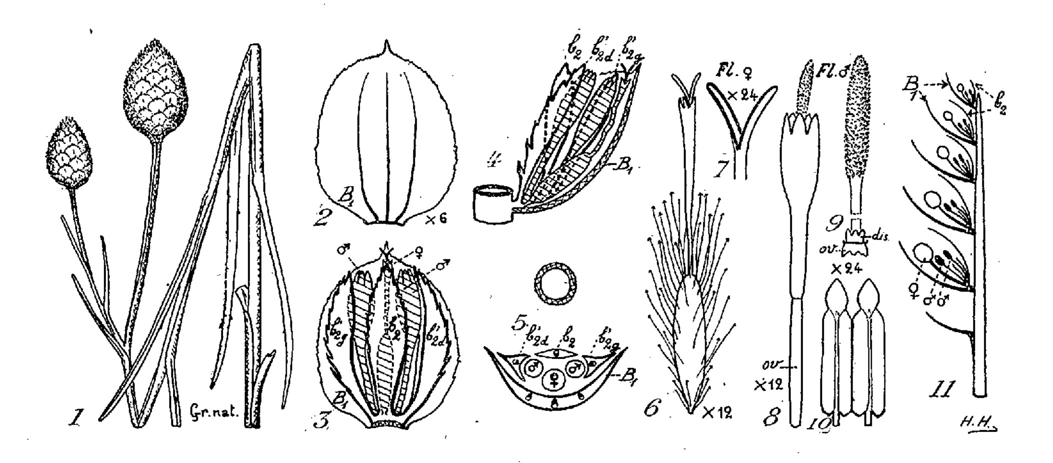
[2] Séance du 25 juillet 1927.

à carènes latérales; dans leur unique faisceau, le liber est vers la carène;

3° Entre B_1 et b_2, une fleur ♀ brièvement stipitée (*fig.* 6-7);

4° A l'aisselle de b'_{2g}, comme de b'_{2d}, une fleur ♂ par avortement (ovaire stérile, style indivis) (*fig.* 8-10).

L'inflorescence de *Tisserantia africana* est donc un *épi de petites cymes bipares:* b_2 est la préfeuille d'un axe de deuxième ordre (très court, mais



visible), terminé par la fleur ♀; b'_{2g} et b'_{2d} s'insèrent sur cet axe de deuxième ordre; à l'aisselle de b'_{2g}, et de b'_{2d}, un axe (virtuel) de troisième ordre se termine par une fleur ♂. Dans chaque cyme, la fleur ♀ s'épanouit la première. Les cymes fleurissent successivement de la base au sommet de l'épi (*fig.* 11 : schéma).

Les plus proches alliés de *Tisserantia* sont les genres *Aiolotheca* (Mexique), *Parthenice* (États-Unis, Mexique), *Parthenium* (Amérique N., C., S.). Ils en diffèrent surtout par : *a.* l'axe principal de l'inflorescence très raccourci (réceptacle); *b.* les bractées B_1 stériles (inférieures = externes) assez nombreuses (involucre); *c.* les bractées B_1 suivantes offrant à leur aisselle une petite cyme triflore *sans bractée inverse* b_2 (b'_{2g} et b'_{2d} sont présentes); *d.* les bractées B_1 les plus internes n'ayant plus à leur aisselle qu'une fleur (♂ par avortement); *e.* la corolle des fleurs ♀ fendue, auriculiforme. — Dans *Berlandiera*, *Engelmannia*, *Chrysogonum*, *Lindheimera* (S. et E. des États-Unis), l'inflorescence est constituée comme dans les trois genres précédents, mais la corolle des fleurs ♀ est ligulée-rayonnante. Dans d'autres Mélampodinées, il n'y a plus qu'une fleur (♀ à la périphérie du capitule, ♂ à l'intérieur) à l'aisselle de chaque bractée B_1 en dedans des bractées involucrales. Dans les

Hélianthées-Millérinées, les bractées axillantes B_1 disparaissent, partiellement ou en totalité.

Les Hélianthées fournissent donc une série de types d'inflorescence conduisant de l'épi de cymes bipares à des capitules, où la réduction du nombre des bractées de deuxième ou premier ordre, et des axes de troisième ou deuxième ordre, est en rapport avec le raccourcissement de l'axe principal (condensation de l'inflorescence). *Tisserantia* y présente le cas le plus éloigné du type habituel chez les Composées. Ce fait est à rapprocher des particularités de distribution géographique relevées plus haut. L'existence, au centre de l'Afrique, d'un genre dont les plus proches alliés sont *tous* américains, amène à le considérer comme descendant d'une très vieille lignée, qui remonterait à l'époque des connexions africano-brésiliennes : il paraît bien avoir hérité de lointains ancêtres les caractères archaïques signalés dans cette Note.

Tisserantia, gen. nov. *Helianthearum*. — Flores in cymis trifloris dispositi, intermedius ♀., laterales ♂; cymæ ad axillas bractearum 1-ordinis in spicam terminalem congestæ. Bracteæ 1-ord. spiraliter imbricatæ, inferiores steriles, ceteræ omnes fertiles, cymas singulas axillantes. Bracteæ 2-ord. in quaquam cyma ternæ, intermedia postice collocata, laterales fl. ♂ subtendentes. Floris ♀ ovarium oblongum a dorso leviter compressum, nervis lateralibus 2 præditum, epapposum; corolla tubo angusto 3-4-dentato; styli rami lineares, obtusi, stigmatibus marginalibus apice confluentibus. Floris ♂ epapposi corolla 5-dentata; antheræ basi obtusæ, integræ, appendice apicis ovata; stylus indivisus, superne incrassato-papillosus.

T. africana, sp. nov. — Caulis herbaceus (fistulosus 2-5 dcm. alt., ima basi prostrato-radicans, dein erectus, simplex vel corymboso-ramosus, glaber. Folia alterna sublinearia sessilia, apice attenuata, basi longe decurrentia, integra vel laxe denticulata, glabra, punctata, 1-nervia. Inflorescentia ovoidea (8-12^{mm} longa); bracteæ scariosæ glabræ : br. 1-ord. ovatæ acuminatæ; br. 2-ord. intermedia lanceolata, laterales plicatæ carina fimbriata. Fl. ♀ ovarium pilis biuncinatis præditum. — Oubanghi (Ouaka) : mare sur cailloutis latéritique au kaga Latimi (60^{km} nord de Bambari). R. P. TISSERANT, n° 1962, 29 juillet et 16 octobre 1925 (Herb. Mus. Paris).

AGRONOMIE. — *Modifications de la solubilité de l'acide phosphorique et des propriétés biologiques du sol observées pendant la jachère de la terre préalablement séchée à l'air libre*. Note de M. **A. Lebediantzef**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Durant l'expérience décrite dans ma Note précédente [1], parallèlement aux dosages de l'azote, on a exécuté dans les mêmes sols la détermination

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 293.

de l'acide phosphorique et du nombre de bactéries; sous l'action de la dessiccation, l'un et l'autre devaient subir des modifications non moindres que l'azote. Les méthodes d'analyse ont été les mêmes que précédemment (¹).

Poids de P^2O^5 en milligrammes par kilogramme de terre absolument sèche et nombre de bactéries en millions par gramme de terre absolument sèche.

Temps compté en jours à partir de la mise sur plateaux.

P, acide phosphorique soluble dans l'eau; P_1, acide phosphorique soluble dans l'acide acétique à 2 pour 100; P_2, acide phosphorique soluble dans l'acide oxalique à 0,5 pour 100; M, millions de bactéries; NS, terre non séchée; S, terre séchée.

Après (jours)...		0.	12.	25.	46.	67.	86.	112.	180.
Terre d'un assolement triennal (couche de 0 à 20cm) :									
P	NS.....	1,2	0,5	1,0	1,0	1,9	1,2	0,8	0,6
	S......	2,5	2,8	1,0	1,1	1,2	1,5	0,5	1,3
P_1	NS.....	2,63	»	3,5	3,2	3,6	2,6	3,0	3,1
	S......	4,65	»	4,0	3,7	3,5	3,7	3,7	2,8
P_2	NS.....	59,1	»	76,1	66,5	72,8	67,9	65,4	54,7
	S......	57,9	»	85,1	72,0	75,4	67,9	64,3	61,7
M	NS.....	1,7	»	3,21	1,70	0,63	3,18	2,05	»
	S......	0,4	»	1,15	0,57	0,36	3,78	1,47	»
Terre d'un assolement triennal (couche de 0 à 40cm) :									
P	NS.....	0,74	0,5	1,0	1,1	1,1	1,1	0,7	0,5
	S......	4,7	3,2	1,0	1,1	0,9	1,1	0,6	1,0
P_1	NS.....	3,0	»	2,4	2,4	2,6	2,1	2,0	2,1
	S......	6,95	»	2,6	2,4	2,7	2,8	2,6	2,1
P_2	NS.....	71,6	»	80,0	83,2	85,7	84,7	84,8	79,0
	S......	73,7	»	88,0	84,1	85,7	86,7	80,0	76,0
M	NS.....	0,9	»	2,25	0,90	0,18	2,63	1,26	»
	S......	0,2	»	1,01	0,53	0,11	4,24	0,53	»
Friche (couche de 0 à 20cm) :									
P	NS.....	0,65	0,6	1,0	1,2	1,1	1,5	0,6	0,9
	S......	7,2	6,2	0,9	1,0	1,0	1,5	0,6	0,8
P_1	NS.....	2,33	»	3,7	2,8	3,4	3,0	3,2	2,8
	S......	5,96	»	4,0	3,8	4,3	3,9	2,8	2,8
P_2	NS.....	37,9	»	52,2	58,6	58,0	67,6	48,3	50,9
	S......	37,7	»	63,4	59,1	65,2	60,0	56,2	55,1
M	NS.....	»	»	3,96	7,02	0,43	6,08	3,32	»
	S......	»	»	4,08	0,44	0,31	4,55	0,41	»

(¹) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 960.

Les résultats consignés dans ce tableau (ainsi que les graphiques représentatifs qu'on en déduit) montrent que la dessiccation du sol a produit une action prolongée sur l'acide phosphorique et sur la quantité de bactéries, quand ce sol, après avoir été séché, a été laissé en jachère avec une humidité voisine de 30 pour 100 et à la température ordinaire. La quantité d'acide phosphorique soluble dans l'eau, qui s'accroît brusquement sous l'action du séchage, est redevenue, au bout de 25 jours, égale à la quantité contenue dans la terre non séchée et n'a plus augmenté dans la suite au cours de la jachère. Mais l'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique et dans l'acide oxalique a manifesté un accroissement notable dans le sol séché pendant bien plus longtemps.

De plus, le nombre des bactéries, qui d'abord diminue sous l'action du séchage, est resté plus faible durant les 2 ou 3 mois de jachère qui ont suivi.

Mais ce nombre ne mesure pas l'intensité des fermentations. Pour effectuer cette mesure, j'ai établi un essai spécial permettant d'évaluer comparativement le CO^2 produit dans de la terre ayant été séchée et de la terre non séchée (les deux terres étant maintenues vers 30 pour 100 d'humidité et à la température ordinaire).

Poids de CO^2 *en grammes par kilogramme de terre absolument sèche*
(un dosage tous les 5 jours).

NS.	S.	NS.	S.	NS.	S.	NS.	S.
0,068	0,181	0,040	0,059	0,022	0,020	0,025	0,022
0,039	0,072	0,027	0,036	0,028	0,025	0,026	0,021
0,035	0,057	0,023	0,025	0,028	0,024	0,024	0,019
						0,385	0,561

On voit par ces chiffres que la production de CO^2 a été nettement plus grande dans la terre ayant subi la dessiccation.

Remarques sur la Communication précédente,
par M. **A.-Th. Schlœsing**.

M. Lebediantzef a trouvé que l'accroissement d'acide phosphorique soluble à l'eau dans une terre ayant subi la dessiccation (accroissement qu'il a été d'ailleurs le premier à signaler en 1924) avait disparu au bout de 25 jours. Dans d'autres expériences ([1]), on a vu cet accroissement

([1]) A.-Th. Schlœsing et Désiré Leroux, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 649.

persister plus longtemps; il était, par exemple, encore très accusé après 3 mois. La différence des résultats peut s'expliquer aisément. D'abord les terres expérimentées étaient très dissemblables de part et d'autre. De plus la détermination de l'acide phosphorique soluble à l'eau n'a pas été faite de même; dans la méthode suivie par les auteurs cités en second lieu (méthode étudiée en 1901-1903), on pratique un lavage beaucoup plus profond, effectué avec un volume d'eau de 100 à 600 fois plus grand et capable d'enlever à la terre peut-être 50 fois plus d'acide phosphorique soluble, ce qui permet d'atteindre des réserves de phosphore pouvant échapper à d'autres modes d'extraction. Enfin les terres de M. Lebediantzef ont été entretenues, après la dessiccation, à une humidité très élevée (de 30 à 33 pour 100); les autres terres ont été conservées vers 6 ou 7 pour 100; or une forte humidité est bien plus favorable à une rapide évolution.

On peut tout au moins conclure qu'il y a des terres qui, restées peu humides après s'être enrichies en acide phosphorique soluble à l'eau par l'effet de la dessiccation provisoire, gardent pendant plus de 3 mois cet accroissement à la disposition des récoltes.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur les conditions nécessaires pour déterminer expérimentalement la conjugaison de l'Infusoire* Glaucoma scintillans. Note [1] de M. **Édouard Chatton** et Mme **M. Chatton**, transmise par M. F. Mesnil.

Nous avons démontré antérieurement que l'on peut déterminer à volonté la conjugaison du *Glaucoma scintillans* dans des cultures où elle ne se produit jamais spontanément et nous avons fait connaître plusieurs des conditions nécessaires pour la provoquer [2] : 1° La culture doit avoir atteint sans l'avoir dépassé le stade où les Ciliés cessent de se nourrir et de se

---

(1) Séance du 1er août 1927.

(2) E. Chatton et M. Chatton, *La sexualité provoquée expérimentalement chez un Infusoire* (Glaucoma scintillans). *Prédominance des facteurs externes dans son déterminisme* (*Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1091-1093). *L'influence des facteurs bactériens sur la nutrition, la multiplication et la sexualité des Infusoires* (*Ibid.*, p. 1262-1265). *L'action des facteurs externes sur les Infusoires. La conjugaison du* Glaucoma scintillans *déterminée par modification des constituants d'un milieu chimiquement défini* (*Ibid.*, **180**, 1925, p. 1137-1140). *L'action des facteurs externes sur les Infusoires. Bactéries zygogènes et azygogènes. Zygose bactérienne et zygose saline* (*C. R. Soc. Biol.*, **93**, 1924, p. 675-678).

multiplier. Cette crise culturale survient dans nos cultures de quatre à cinq jours après le repiquage. Cette condition n'est pas à elle seule suffisante puisque jamais, dans nos milieux d'entretien, la crise ne s'accompagne de zygose. — 2° Cette première condition étant réalisée, d'autres, assez disparates, peuvent induire les Infusoires à se conjuguer : *a*, addition au milieu azygogène de certains sels tels que Fe^2Cl^3, $CaCl^2$, etc.; *b*, introduction de glucose dans les milieux synthétiques ou dans les milieux végétaux d'entretien [1]; *c*, la substitution d'une bactérie zygogène à une bactérie azygogène dans le complexe en expérience.

Ces faits étant acquis, nous avons cherché quel est le temps minimum pendant lequel ces différents facteurs zygogènes doivent agir sur l'Infusoire pour l'induire à la conjugaison. Il est, suivant les facteurs en cause, de 12 à 24 heures. Il représente le délai nécessaire pour que les modifications cytoplasmiques et nucléaires qui caractérisent le passage de l'état asexué à l'état sexué (accumulation de lipoïdes, accroissement du micronucléus) et pour que les forces d'attraction puissent s'établir. Ce délai zygogène est donc une troisième condition nécessaire de la zygose. Mais il faut qu'il s'écoule tout entier avant la crise culturale, sans quoi le facteur zygogène est toujours inefficace.

Recherchant ce qu'il peut y avoir de commun entre les divers facteurs zygogènes de la deuxième catégorie, nous avons fait état tout d'abord de ce que les sels zygogènes ont pour effet immédiat (Fe^2Cl^3) ou tardif ($CaCl^2$) d'acidifier le milieu, de ce que la plupart des bactéries zygogènes, les colibacilles en particulier, ont la propriété d'élaborer des acides aux dépens des sucres, et nous avons considéré le rôle possible des ions H. Nous avons fait depuis un an la courbe des variations du pH dans tous nos tubes en expérience quels que soient le milieu et le facteur zygogène employés. Les pH vitaux limites [qui varient d'ailleurs considérablement avec les conditions de la culture [2]] étant approximativement de 5,5 et de 9, nous avons eu des conjugaisons jusqu'à la limite inférieure et de là jusque vers 8,00 (déterminations colorimétriques), jamais au-dessus. Il y a donc une zone de pH zygogènes et une zone de pH azygogènes, celle-ci dans la

(1) Le glucose ajouté au milieu d'entretien s'est révélé comme un des meilleurs agents zygogènes.

(2) Donner, à l'exemple de certains auteurs, les pH vitaux limites comme des sortes de constantes des espèces, n'aurait de sens que si toutes les autres conditions de la culture étaient parfaitement définies. C'est pourquoi il serait fallacieux de donner des chiffres à deux décimales dans un compte rendu récapitulatif comme celui-ci.

région la plus alcaline des pH vitaux. Dans la zone zygogène, les pH optima sont compris entre 6,80 et 7,50. Dans la zone azygogène, l'action de tous les agents facteurs zygogènes est annihilée.

Une autre question se posait dès lors, à laquelle notre statistique a fourni une réponse : un pH de la série optima détermine-t-il nécessairement la zygose, les conditions de crise culturale et de délai zygogène étant réalisées? Réponse négative. Un pH de la série zygogène est, au même titre que ces deux conditions, nécessaire pour déterminer la conjugaison, mais il n'est pas suffisant, même quand celles-ci sont satisfaites. Nous n'avons jamais pu obtenir la zygose par HCl, SO^4H^2, l'acide lactique, l'acide acétique, etc. quel que soit le pH réalisé, tandis que nous l'obtenons à coup sûr par l'acide succinique et surtout l'acide pyruvique, soit ajoutés seuls, soit surajoutés aux acides précédents (¹). Or ces deux acides sont, après l'acide lactique, les plus fréquents parmi ceux qu'engendre la fermentation du glucose par les microbes, tout au moins par les colibacilles (Aubel). Il est permis de penser que c'est par eux que le glucose, qui est complètement inerte en culture léthobactérienne, exerce sa puissante action zygogène en présence de beaucoup de bactéries vivantes.

Et il ressort de cela que la propriété zygogène ou azygogène d'une bactérie n'est qu'une fonction de tel ou tel produit de son métabolisme dont l'élaboration dépend, elle-même, à la fois de la nature propre du microbe et de la composition du milieu qu'il travaille. Ces résultats s'harmonisent avec ceux qui montrent, dans d'autres de nos expériences, une spécificité dans l'action zygogène des sels.

En résumé nous pouvons, en l'état actuel de nos recherches sur le déterminisme de la conjugaison expérimentale du *G. scintillans*, reconnaître quatre conditions de cette conjugaison : A, trois conditions générales dont deux biologiques : la crise culturale et le délai zygogène (temps nécessaire à la flexion sexuelle) et une physique : un pH inférieur à 8,00; B, une condition spéciale : nature de l'agent zygogène.

(¹) Quand on veut maintenir pendant plusieurs jours l'acidité dans une culture, il faut réacidifier tous les jours car les Ciliés ont la propriété remarquable de neutraliser l'acidité (comme d'ailleurs un excès d'alcalinité) en maintenant le pH aux environs de 7,80. Contrairement à ce que pense Morea (*C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 49), qui l'attribue à la bactérie, *cette neutralisation est bien le fait de l'Infusoire*, car on l'observe aussi bien en culture léthobactérienne qu'en cultures biobactériennes. A. Lwoff (communication verbale) et nous-mêmes l'observons également en cultures abactériennes de *Glaucoma piriformis*.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les modifications expérimentales de l'indice de réceptivité des Souris pour les greffes de tumeurs.* Note (¹) de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. Henneguy.

Dans une série de publications (²), nous avions montré des relations entre les déplacements expérimentaux des points isoélectriques musculaires chez la Souris, et la réceptivité de cet animal pour les greffes de tumeurs. Pour préciser les mécanismes en jeu, nous avons systématiquement établi une collection de corps ayant une action dépressive, au moins momentanée, sur l'indice de réceptivité pour les greffes.

On a ainsi essayé l'injection de corps peu solubles, minéraux ou organiques; ou réalisé diverses actions physiologiques (traumatismes, etc.). Chaque expérience a été faite avec un lot d'une douzaine de Souris, dont la moitié subissait avant la greffe de tumeur une lésion expérimentale, les autres recevant simplement la greffe sans action préalable. On a exprimé pour chaque expérience l'indice de réceptivité relative $i = \frac{S - T}{T}$, S étant la proportion, exprimée en centièmes, de greffes ayant pris chez les animaux du premier groupe, et T la proportion des greffes ayant pris chez les témoins du même lot. On a étudié les variations de i lorsque le temps entre la lésion et la greffe de la tumeur augmente de 0 à une centaine de jours.

Les courbes d'indices de réceptivité en fonction du temps écoulé depuis la lésion paraissent se ramener à un petit nombre de types définis :

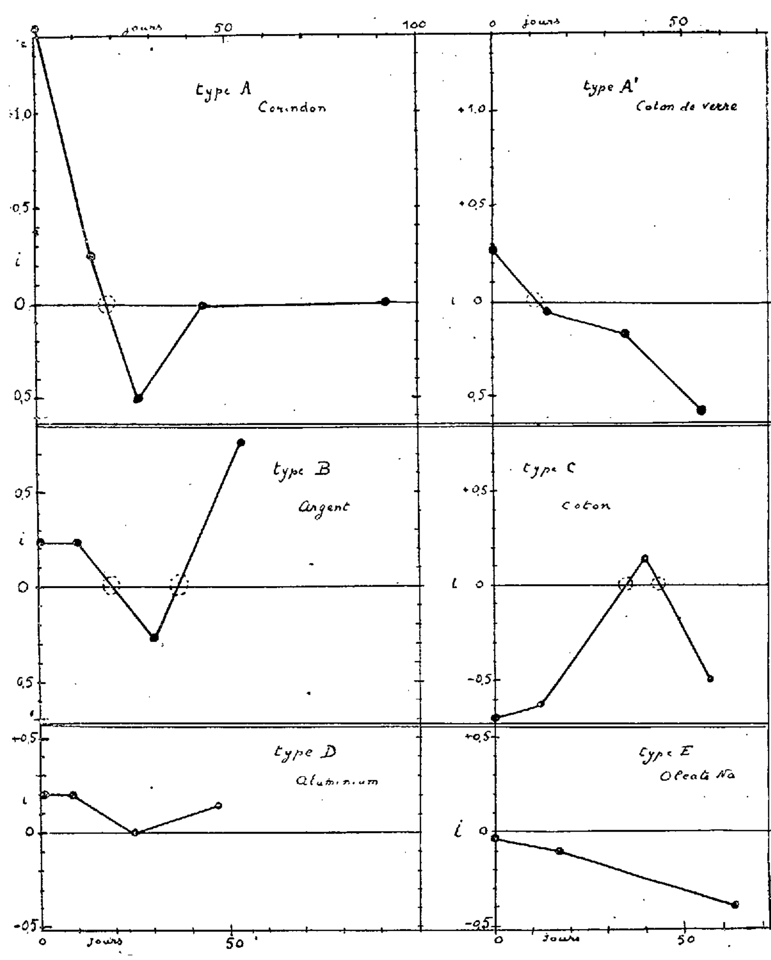
1° Dans un premier type A qui paraît le plus fréquent (³), l'indice de réceptivité, d'emblée fortement positif (greffes accélérées), diminue rapidement et *devient nul* (date critique), puis *change de signe, passe par un minimum* (où l'inhibition de la tumeur est maxima) *et revient ensuite plus ou moins lentement vers* 0. Les corps ayant donné une telle évolution ont été les diverses poudres de corindon, d'émeri; la silice à gros grains, le carborundum, le kaolin; les poudres d'or, de fer, de plomb, de cuivre.

(¹) Séance du 25 juillet 1927.

(²) Vlès et de Coulon, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 82; *Arch. Phys. biol.*, 4, 1935, p. 1; *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 147; *Arch. Phys. biol.*, 5, III, 1926, p. 130-160.

(³) Les valeurs numériques et les protocoles d'expérience paraîtront dans un autre Recueil.

On ramène provisoirement à ce type un groupe d'évolutions (A′) dans lequel *l'indice d'abord positif s'inverse sans qu'un minimum soit apparent dans les limites de temps de l'expérience*. Il est évident qu'au bout d'un temps plus ou moins long l'indice reviendrait vers o, mais nous ignorons



Divers types d'évolution des indices de réceptivité de la Souris pour les greffes de tumeurs.

comment se ferait cette remontée (poudre de charbon, émeri n° 3, sable quartzeux de Nemours, coton de verre, poudre d'os, étain; brûlures; infections à staphylocoques).

2° *Type B*. Ce type est analogue au type A ; mais il possède une *seconde inversion, l'indice redevenant positif*. Dans les limites des expériences, le retour définitif vers o n'a pas été observé (argent, zinc, tripoli; des contusions, et en particulier des injections à blanc).

3° Un troisième type C paraît être la réciproque du type B : *l'indice est d'emblée négatif, s'inverse et devient positif, passe par un maximum et redescend ensuite dans les valeurs négatives* (coton hydrophile, barytine, sable de grenat).

4° *Type D.* Dans ce type *l'indice est d'emblée positif et le reste pendant tout le temps de l'expérience* (aluminium, magnésium).

5° *Type E.* Ce type est l'inverse du précédent : *les indices sont d'emblée négatifs et le restent*, sans devenir positifs (silice à petits grains, oléate de soude, poudre de platine; produits de brûlure de muscles).

Conclusions. — 1° Il faut avant tout noter *la longueur de la répercussion des lésions expérimentales*, dont quelques-unes subsistent effectivement après des temps de l'ordre de 90 jours. La lenteur avec laquelle l'organisme se débarrasse de cette empreinte est à comparer, toutes choses égales d'ailleurs, à l'intervalle pendant lequel il reste soumis à une sensibilisation anaphylactique, ou à certaines immunisations. L'équilibre rompu est extrêmement lent à se rétablir.

2° Comme nous l'avions annoncé autrefois, il n'y a aucune espèce de spécificité chimique apparente dans l'activité des corps étudiés jusqu'à présent, aussi bien au point de vue de l'intensité de leurs actions que du type d'évolution qu'ils imposent. Il est à prévoir que la clef du mécanisme est peut-être moins dans la nature du corps étranger introduit que dans son état, en tant que celui-ci engage une réponse de l'organisme comportant le déroulement de certains processus déterminés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'origine de la couleur jaune de la cire des abeilles* (1). Note (2) de M. **George-F. Jaubert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

MM. Rivière et Bailhache me signalent qu'ils avaient constaté (*Annales de la Science agronomique française et étrangère*, 38, 1920, p. 82) la présence dans la propolis de dérivés de la flavone, notamment la tectochrysine (méthyldioxyflavone) qui existe en très petite quantité dans les bourgeons de peuplier, à côté de grandes quantités de produit non méthylé.

Comme l'ont fait ces deux observateurs, j'ai constaté aussi que le point

(1) Voir *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1134.

(2) Séance du 25 juillet 1927.

de fusion de la chrysine donné par Picard (*Beilstein*, 3, p. 628) à + 275°C., est inexact. La 1.3-dioxyflavone fond à 285°C.

Étant donné que, parmi les plantes mellifères sur lesquelles butinent avec prédilection les abeilles se trouvent le réséda et la gaude (*Reseda luteola*), la bruyère (*Calluna vulgaris*), le persil (*Apium petroselinum*), etc., il était bien probable, qu'à côté de la 1.3-dioxyflavone, se trouvaient encore de petites quantités d'autres dérivés de cette même matière colorante.

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur les sérums antitoxiques et antimicrobiens.* Note de MM. **Weinberg** et **J. Barotte**, présentée par M. Roux.

En étudiant les propriétés des sérums à la fois antitoxiques et antimicrobiens, nous avons fait la constatation suivante : le pouvoir agglutinant de ces sérums présente des différences considérables selon que leur action est étudiée sur la culture ou sur les microbes seuls.

Précisons le fait observé par une expérience. Une culture de 20 à 24 heures en bouillon glucosé (à 2 pour 1000) de *B. perfringens*, diluée 5 à 10 fois son volume d'eau physiologique, est répartie dans une série de tubes à hémolyse. On verse dans ces tubes, renfermant chacun 50 gouttes de culture diluée, des doses décroissantes d'un sérum *antiperfringens*, et on les place ensuite à l'étuve à 37°; au bout de 3 heures, on note les résultats obtenus.

Dans ces conditions, le sérum du cheval 219 immunisé avec de la toxine centrifugée agglutine la culture diluée au $\frac{1}{20000}$.

Lorsqu'on fait agir le même sérum non pas sur la culture diluée, mais sur les microbes obtenus par centrifugation de la culture diluée et repris par une quantité correspondante d'eau physiologique, l'agglutination n'apparaît, dans le même laps de temps, que dans le tube où le sérum est dilué au $\frac{1}{10}$.

Si les tubes de ces deux expériences sont placés, à leur sortie de l'étuve, pendant 24 heures à la glacière ou conservés à la température du laboratoire, le titre de l'agglutination monte au $\frac{1}{40000}$ dans les tubes renfermant de la culture diluée et au $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{10000}$ dans ceux ne renfermant que des microbes. Cependant, dans ce dernier cas, l'agglutination est beaucoup plus discrète.

Il est donc évident qu'en présence de la culture diluée, l'agglutination gagne considérablement en vitesse et en intensité.

Nous avons cherché à expliquer ce fait paradoxal qui n'a certainement pas échappé aux observateurs, mais dont nous n'avons pas trouvé mention dans les travaux parus sur l'agglutination microbienne (¹).

Le pH d'une culture diluée de *B. perfringens* est de 6,8 à 7, celui de l'émulsion microbienne est de 7-7,1, la différence en concentration d'ions-hydrogène est donc trop petite pour causer le phénomène qui nous intéresse. D'ailleurs, les expériences comparatives faites avec la culture diluée dont le pH fut préalablement ajusté à celui de l'émulsion microbienne, a donné à peu près les mêmes résultats; il en est de même pour l'émulsion microbienne dont le pH fut ajusté à celui de la culture diluée.

Nous nous sommes demandés alors si la présence de certaines substances solubles qui se trouvent dans les cultures diluées jouent un rôle dans l'agglutination. Pour répondre à cette question, nous avons ajouté dans les tubes renfermant 50 gouttes d'émulsion microbienne, des doses croissantes (3 à 12 gouttes) de toxine centrifugée. Cette expérience nous a montré que les substances solubles, ou en suspension dans la culture de *B. perfringens*, favorisent certainement l'agglutination des bacilles *perfringens*, puisqu'en leur présence le phénomène qui nous intéresse apparaît avec la même intensité que dans la culture diluée, et que d'autre part, le culot d'agglutination augmente avec la quantité de toxine centrifugée ajoutée. Le filtrat de culture sur bougie L^2 est actif; il en est de même pour le filtrat chauffé 1 heure à 56°, le chauffage de 1 heure à 100° ou de 15′ à 120° diminue considérablement l'effet des substances solubles.

En réfléchissant sur le mécanisme de l'action des éléments non figurés d'une culture de *B. perfringens* sur l'agglutination microbienne, nous avons été amenés à l'hypothèse suivante :

Lorsqu'on fait agir un sérum *antiperfringens* sur la culture diluée, on met en œuvre non seulement les agglutinines, mais aussi les précipitines et c'est probablement l'action conjuguée de ces deux anticorps qui renforce et multiplie de façon considérable l'effet de leurs différentes propriétés spécifiques. Il s'agirait du phénomène de *synergie des anticorps*.

La séance est levée à 15^h20^m.

A. Lx.

(¹) Nous avons observé le même phénomène par les sérums anti-vibrion septique et antihistolytique.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite*).

Publications de la Faculté de médecine de Brno. Brno.
Publications de la Faculté des sciences de l'Université Masaryk. Brno.
Publications de l'Institut séismologique de l'Université de Beograd. Bulletin séismique. Sarajevo (voir *Union géod. et géoph. internat.*).
Publications du Bureau central séismologique international. Toulouse.
Publications du laboratoire d'astronomie et de géodésie de l'Université de Louvain. Louvain.
Publications du Musée d'anthropologie et d'ethnographie Pierre-le-Grand, près l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. Léningrad
Publications of the dominion astrophysical Observatory. Victoria.
Publications of the Kapteyn astronomical laboratory. Groningen.
Publications of the Lick Observatory. Berkeley.
Publications of the United States Naval Observatory. Washington.
Publications of the Washburn Observatory. Madison.
Publications of the Yerkes Observatory. Chicago.

Quarterly of the Colorado School of Mines. Golden (Colorado).
Queensland Geographical Journal. Brisbane.

Raggi ultravioletti. Milano.
R. Comitato talassografico italiano (*Memoria*). Venezia.
Records of the Geological Survey of India. Calcutta.
Records of the Indian Museum. Calcutta.
Recueil des Notices et Mémoires de la Société archéologique, historique et géographique du département de Constantine (5e série). Constantine.
Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië. Weltevreden.
Rendiconti del circolo matematico. Palermo.
Rendiconti e memorie della R. Accademia degli Zelanti. Acireale.
Rendiconto dell'Accademia delle scienze fisiche e matematiche. Napoli.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 17 AOUT 1927.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Akituno Imamoura**, membre de l'Académie impériale du Japon, qui assiste à la séance.

M. **Émile Borel** rend compte à l'Académie de l'inauguration du buste de M. **Coste**, deux fois lauréat de l'Académie, inauguration qui a eu lieu à Saint-Paul-des-Fonts (Aveyron) le 16 août 1927, à 14^h.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transcendantes de Fourier-Bessel à plusieurs variables.* Note (¹) de M. **Akimoff**, transmise par M. Paul Appell.

1. Nous avons indiqué pour les transcendantes (²)

$$(1)\qquad J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i(x_1 \sin\varphi + x_2 \sin 2\varphi + \ldots + x_n \sin n\varphi - k\varphi)}\, d\varphi$$

$$(k = 0, 1, 2, \ldots, n)$$

les deux développements en séries : 1° suivant les produits des transcen-

---

(¹) Séance du 8 août 1927.

(²) P. Appell, *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 419.

dantes de Bessel ordinaires; 2° suivant les produits de deux polynomes [1].

Notons encore le développement suivant :

$$(2)\qquad J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{2}\sum_{r=0}^{\infty}(-1)^{\left[\frac{r}{2}\right]}\frac{u_r^{(k)}(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{1.2\ldots r},$$

$\left[\frac{r}{2}\right]$ désignant le plus grand entier contenu dans $\frac{r}{2}$ et les polynomes $u_r^{(k)}$ étant les coefficients du développement en série trigonométrique de

$$(x_1 \sin\varphi + x_2 \sin 2\varphi + \ldots + x_n \sin n\varphi)^r.$$

Les coefficients de ces polynomes se déterminent par des relations de récurrence [2] et pour $n = 2$ se réduisent, à un simple facteur près, aux nombres de Cauchy. On peut développer le polynome $u_r^{(k)}$, se réduisant pour $k = nr$ au zéro [3], en série de Schlömilch généralisée

$$(3)\qquad \sum_{m=0}^{\infty} A_m^{(r)}[J_k(mx_1, mx_2, \ldots, mx_n) + (-1)^r J_{-k}(mx_1, mx_2, \ldots, mx_n)],$$

$A_m^{(r)}$ étant les coefficients du développement en série trigonométrique de x^r.

2. En désignant par k un paramètre quelconque, nous avons considéré [4] au lieu de (1) l'intégrale

$$(4)\qquad J_k^{(p)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{2\pi i}\int_{C_p} e^{\frac{x_1}{2}(t-t^{-1})+\frac{x_2}{2}(t^2-t^{-2})+\ldots+\frac{x_n}{2}(t^n-t^{-n})}\, t^{-k-1}\, dt$$

qui, pour les chemins d'intégration C_p ($p = 1, 2, \ldots, 2n$) convenablement choisis, représente tous $2n$ solutions distinctes du système des relations

---

(1) M. Akimoff, *Comptes rendus*, **163**, 1916, p. 26; **165**, 1917, p. 23. — B. Jekhowski, *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, **41**, 1917, p. 58. Quelques indications générales sur ces développements et (2) se rencontrent déjà dans le Mémoire de Gyldén, *Studien auf dem Gebiete der Störungstheorie* (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 7e série, **16**, 1871, x, p. 56-62) et dans son *Traité analytique des orbites absolues*, **1**, 1893, p. 93-99.

(2) Ces relations et les relations de récurrence indiquées pour $J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ par M. Pérès (*Comptes rendus*, **161**, 1915, p. 168) découlent immédiatement les unes des autres.

(3) Dans ce cas le développement (3) généralise le résultat de M. Niels Nielsen [*Sur le développement du zéro en séries de fonctions cylindriques* (*Mathematische Annalen*, **52**, 1899, p. 582-587)].

(4) *Comptes rendus*, **165**, 1917, p. 1100.

de récurrence ou des équations aux dérivées partielles (S) établi pour $J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ par M. Pérès [1].

Si, en supposant d'abord x_n réel et positif, on partage le plan de la variable t en $2n$ secteurs par les demi-droites Lp ($p = 1, 2, \ldots, 2n$) menées de l'origine respectivement sous les angles $\frac{F}{2n}(2p-1)$ à l'axe réel positif, on peut prendre pour le chemin d'intégration C_p une courbe partant de l'un des points $t = \infty$ ($p = 1, 3, \ldots, 2n-1$) ou $t = 0$ ($p = 2, 4, \ldots, 2n$) dans le secteur correspondant (Lp, $Lp+1$) et retournant au même point par le secteur ($Lp+2$, $Lp+3$) après avoir traversé le secteur ($Lp+1$, $Lp+2$). Les seuls points singuliers des fonctions $J_k^{(p)}$ ainsi définies sont les points singuliers transcendants $x_1 = \infty$, $x_2 = \infty, \ldots, x_n = \infty$, $x_n = 0$, parmi lesquels seulement les deux derniers sont les points critiques. Quand la variable x_n fait le tour du point $x_n = 0$ dans le sens direct, les contours C_{2j-1} et C_{2j} ($j = 1, 2, \ldots, n$) tournent eux-mêmes respectivement des angles $-\frac{2\pi}{n}$ et $\frac{2\pi}{n}$ autour du point $t = 0$ (le signe de la partie réelle de $x_n t^n$ devant rester inaltéré); les fonctions $J_k^{(p)}$ subissent les substitutions [2]

$$(5) \qquad \bar{J}_k^{(2j-1)} = J_k^{(2j-3)}, \qquad \bar{J}_k^{(2j)} = J_k^{(2j+2)},$$

que l'on peut réduire, en changeant le système des solutions de (S), à la forme canonique de Fuchs. En substituant dans (4) $\frac{e^{\pi i}}{t}$ au lieu de t, on a encore les relations

$$J_k^{(2j)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) = e^{-k\pi i} J_{-k}^{(2n-2j+1)}[x_1, x_2, \ldots, (-1)^{n-1} x_n],$$

qui avec l'un des deux groupes des substitutions (5) permettent d'exprimer toutes les fonctions $J_k^{(p)}$ par l'une d'entre elles.

Pour k entier la transcendante (1), qui s'exprime par la somme des $J_k^{(2j-1)}$ ou $J_k^{(2j)}$ ($j = 1, 2, \ldots, n$), rentre dans le système de Fuchs mentionné [3].

La plus simple représentation des fonctions considérées par des séries

$$F_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{n} \sum_{q=-\infty}^{+\infty} J_q[x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}] F_{\frac{K-q}{n}}(x_n),$$

---

(1) *Loc. cit.*

(2) $J^{(-1)}$ et $J^{(2n+2)}$ doivent être remplacés respectivement par $e^{2k\pi i} J_k^{(2n-1)}$ et $e^{-2k\pi i} J_k^{(2)}$.

(3) Les fonctions $J_k^{(p)}$ ($p = 1, 2, \ldots, 2n$), n'étant pas dans ce cas linéairement distinctes, nous avons introduit (*Comptes rendus*, 165, 1917, p. 1100) la transcendante de Hankel généralisée $H_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$.

F_k désignant $J_k^{(1)}$ ou H_k, s'obtient comme cas particulier de la formule d'addition (¹) pour ces fonctions.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la métrique de l'espace à 5 dimensions de l'électromagnétisme et de la gravitation.* Note (²) de MM. **F. Gonseth** et **G. Juvet**, transmise par M. Hadamard.

Les composantes de la connexion affine de l'univers E_5 à 5 dimensions que nous avons écrite dans une Note précédente (³) correspondent à une métrique que nous préciserons tout d'abord. Dans cet E_5, les coordonnées (x_0, x_1, x_2, x_3) sont encore séparées de x_4 et nous avons, en particulier,

$$G_{ik}^l = \Gamma_{ik}^l,$$

où les Γ_{ik}^l sont les indices de Christoffel de deuxième espèce du ds^2 de l'$E_4(x_0, x_1, x_2, x_3)$. Dans ces conditions, la loi de transformation des G_{ik}^l dans E_5 exige simplement que les Γ_{ik}^l se transforment comme les composantes d'une connexion affine et les $F_{.k}^i$ comme celles d'un tenseur dans l'E_4.

La connexion ainsi déterminée possède un groupe fondamental à 15 paramètres, qui est à celui de Lorentz comme le groupe de cinématique galiléenne est à celui des déplacements dans un E_3. En particulier, il n'est pas tel qu'on puisse le caractériser par un ds^2 non dégénéré de l'E_5.

Nous déterminerons cependant un ds^2 qui nous fournisse à peu près la même connexion. Il est clair que, par là, on abandonne le terrain de l'électromagnétisme classique (et qu'on modifie l'expression de la force donnée par Lorentz).

Supposons, tout d'abord, que pour $i, k = 0, 1, 2, 3$, les g_{ik} soient ceux de l'univers einsteinien, ce qui satisfait à nos équations

$$G_{ik}^l = F_{ik}^l.$$

Les équations

$$G_{4i}^l = G_{i4}^l = F_{.i}^l$$

donnent alors

$$G_{4i,l} + G_{i4,l} = F_{li}, \tag{1}$$

car $G_{i4}^4 = 0$ et $F_{.i}^4$ n'a pas de sens par lui-même.

(¹) M. Akimoff, *Comptes rendus*, **165**, 1917, p. 23.

(²) Séance du 1ᵉʳ août 1927.

(³) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 341.

Tant que les fonctions que nous considérons ne dépendent pas de x_4, les équations (1) s'écrivent :

$$\frac{\partial g_{4l}}{\partial x_i} - \frac{\partial g_{4i}}{\partial x_l} = 2\left(\frac{\partial \varphi_l}{\partial x_i} - \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_l}\right);$$

nous les résoudrons en posant [1]

$$g_{4l} = 2\varphi_l.$$

On aurait encore :

$$G_{i4,4} = g_{4l}G^l_{i4} + g_{44}G^4_{i4} = 2\varphi_l F^l_{.i},$$
$$G_{44,i} = g_{il}G^l_{44} + g_{i4}G^4_{44} = 0;$$

donc, une fois :

$$\frac{\partial g_{44}}{\partial x_i} = 4\varphi_l F^l_{.i},$$

et une autre fois :

$$\frac{\partial g_{44}}{\partial x_i} = 0.$$

Nous ne pouvons donc rester fidèles à la connexion que nous avons tout d'abord introduite comme conséquence de l'électromagnétisme classique. Nous poserons alors

$$g_{44} = \psi^2,$$

ψ étant une fonction de x_0, x_1, x_2, x_3.

Voici donc le ds^2 de l'E_5 que nous proposons de mettre à la racine d'une nouvelle forme de l'électromagnétisme :

$$-ds^2 = g_{ik}\,dx^i\,dx^k + 2\varphi_i\,dx^i\,dx^k + \psi^2\,dx^4\,dx^4,$$

les g_{ik} ($i, k = 0, 1, 2, 3$) sont des fonctions de x_0, x_1, x_2, x_3 qui, en l'absence d'un champ électromagnétique, se réduisent aux coefficients du ds^2 einsteinien relatif au champ gravifique donné.

Les $g_{i4} = 2\varphi_i$ ($i = 0, 1, 2, 3$) sont, au facteur 2 près, les composantes du potentiel électromagnétique.

Enfin $\psi = \sqrt{g_{44}}$ est une fonction de x_0, x_1, x_2, x_3.

Les trajectoires d'un point matériel chargé sont les géodésiques de ce ds^2, avec $\frac{dx^4}{ds} = \frac{e}{m}$, e étant la charge du point.

---

(1) On aurait une solution plus générale en posant $g_{4l} = 2\varphi_l + \frac{\partial\lambda}{\partial x_l}$, λ étant une onction arbitraire de x_0, x_1, x_2, x_3.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme des familles du palladium et du platine*. Note (¹) de MM. **B. Cabrera** et **A. Dupérier**, transmise par M. Pierre Weiss.

On connaît très peu aujourd'hui les propriétés magnétiques des familles II et III de transition, dont les éléments les plus caractéristiques sont respectivement Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt. On prévoit théoriquement qu'ils sont paramagnétiques et on a fait déjà des mesures sur des composés divers (surtout des oxydes), qui ont donné un paramagnétisme de l'ordre de celui des éléments de la première famille (du fer), dans les composés dans lesquels ils fonctionnent avec la valence maximum. On pourrait penser qu'en employant des composés du type des sels on doit obtenir des moments paramagnétiques comparables à ceux des ions du groupe du fer, et même plus grands suivant les prévisions que l'on peut faire par voie spectroscopique.

Ces prévisions doivent s'appliquer aux atomes libres, tels qu'ils se trouvent dans les conditions où le spectre se produit. Mais pour les atomes combinés il est très probable que les actions des atomes liés avec eux les déforment profondément, et on doit s'attendre à une modification parallèle du paramagnétisme. On sait déjà que les halogénures de ces métaux se comportent d'une manière assez différente des halogénures alcalins, différence qui commence déjà dans les halogénures de la famille du fer (²).

Nous avons abordé ce problème en faisant l'étude des chlorures des six métaux ci-dessus, qui ont été préparés avec soin par W. C. Heraeus, de Hanau. Nous avons mesuré indépendamment la valeur de χ à la température ambiante et $\frac{\delta\chi}{\chi}$ dans un intervalle de 100 degrés à peu près.

En ce qui concerne la susceptibilité spécifique χ, les résultats sont consignés dans le tableau suivant, qui contient les moyennes de 4 à 6 séries de mesures indépendantes. La susceptibilité atomique χ_a a été déduite dans l'hypothèse que l'anion seulement est diamagnétique. Il serait encore nécessaire d'ajouter le diamagnétisme de l'atome métallique, sûrement comparable à la susceptibilité totale. Mais on ne le connaît pas *a priori*, et

(¹) Séance du 8 août 1927.
(²) Voir pour la théorie : Cabrera, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 346.

certainement il doit être variable suivant la nature du composé étudié. C'est pour cette raison que nous choisissons des composés avec le même anion.

	χ.	χ_a.
Ru^{+++}	$+95,2.\ 10^{-7}$	$+1912.\ 10^{-6}$
Rh^{+++}	$-0,825$ »	$+45,5$ »
Pd^{++}	$-2,09$ »	$+3,38$ »
Os^{++}	$+1,58$ »	$+82,75$ »
Ir^{+++}	$-0,48$ »	$+47,2$ »
Pt^{++}	$-2,18$ »	$-17,4$ »

On voit tout de suite que pour chaque triade χ décroît au fur et à mesure que Z croît, et d'une façon générale les valeurs pour la famille III sont inférieures à celles de la famille II. χ_a n'est pas fonction exclusive du nombre d'électrons dans l'atome, comme pour les cations de la première famille. Les relations que l'on peut déduire de la théorie de Hund ne se vérifient pas non plus.

En ce qui concerne $\frac{\delta\chi}{\chi}$, nous avons obtenu des résultats assez complexes. D'une façon générale, ces mesures sont très difficiles à exécuter à cause de la petitesse de χ. L'interprétation la plus simple des résultats pour le Ru^{+++} est donnée par la loi de Curie-Weiss, mais à condition d'introduire un diamagnétisme atomique très élevé $\chi_a = -337.10^{-6}$. Dans cette hypothèse, la constante de Curie et le nombre de magnétons correspondant sont

$$C_a = 0,8473; \qquad n = 12,94.$$

Il est possible que la courbure de $\left(\frac{1}{\chi_a}, T\right)$ soit produite par une variation de l'organisation de l'atome, d'accord avec l'hypothèse suggérée par l'un de nous (*loc. cit.*), mais il n'est pas possible de confirmer ou d'infirmer cette idée dans l'intervalle de température que nous avons étudié jusqu'à présent.

Le Rh^{+++} donne une variation totale dans l'intervalle de 100° qui n'arrive pas au millième. Pour le Pd^{++}, il y a une variation de 0,06 pour la susceptibilité du chlorure, qui conduit à une augmentation de χ_a avec la température. Cependant, nous croyons probable une erreur systématique dans l'unique série de mesures que nous avons pu faire jusqu'à présent et nous estimons que le Pd^{++} doit se comporter comme le Rh^{+++}.

Dans la famille III, Os^{++} et Ir^{+++} changent avec la température d'une façon tout à fait incompatible avec la loi de Curie-Weiss. Leur allure

indique qu'il existe une cause de diminution de χ_a plus importante que les changements d'orientation de l'axe magnétique produits par l'agitation thermique. C'est la raison pour laquelle l'un de nous a pensé à l'existence d'une variation de la structure de l'atome même, qui fait changer son moment magnétique.

Pour le Pt^{++}, on trouve une droite qui indique une diminution de χ_a avec T, suivant une loi linéaire, mais avec signe négatif pour χ_a. On peut l'interpréter en acceptant deux états du Pt^{++} avec susceptibilité constante, dont la teneur relative est fonction de T d'une manière analogue à ce qu'on a pensé pour les configurations de paramagnétisme variable. On obtient un bon accord avec les résultats empiriques dans l'hypothèse $E_1 \ll kT$, qui conduit à l'équation

$$\chi_a = \chi_I + (\chi_{II} - \chi_I)\frac{E_1}{kT}$$

avec

$$\chi_I = +6{,}77.10^{-6}, \qquad (\chi_{II} - \chi_I)\frac{E_1}{k} = -7{,}09.10^{-3}.$$

CHIMIE MINÉRALE. — *Application aux oxydes de fer et de néodyme d'une méthode générale de synthèse de silicates.* Note [1] de M. **A. Duboin**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai appliqué aux oxydes de néodyme et de fer la méthode si féconde que j'ai trouvée et que je rappelle brièvement.

J'amène à l'état de fusion dans un creuset de platine chauffé sur un bec Meker du florure de potassium, et je projette dans la masse fondue de la silice, puis de l'oxyde de néodyme. Je laisse refroidir, puis je refonds le culot avec un excès de chlorure de potassium. Après refroidissement lent, la masse, reprise par l'eau, abandonne une grande partie d'un produit fondu, et des cristaux bien isolés.

Dans une seconde série d'expériences, je fonds du fluorhydrate de fluorure de potassium dans lequel je projette de l'oxyde de néodyme. Le résultat est un produit dans lequel je n'ai pu isoler le fluorure double de néodyme et de potassium. Dans le culot fondu je projette de la silice et

---

[1] Séance du 8 août 1927.

après refroidissement lent j'isole par l'eau, à côté d'un produit fondu, des cristaux bien isolés.

En fractionnant au moyen de la liqueur dense à base d'iodomercurate de baryum le mélange des produits obtenus j'ai pu isoler :

1° Un beau produit, bien homogène, en fines aiguilles soyeuses comme de l'amiante, constitué par un silicate de densité $d_0 = 3,1$ correspondant à la formule $Nd^2O^3, 3K^2O, 9SiO^2$.

	Trouvé.	Calculé.
SiO^2	46,74	46,66
Nd^2O^3	28,52	28,97
K^2O	24,60	24,37

2° Un mélange de cristaux prismatiques où j'ai isolé 7 fractions, j'ai analysé les portions les plus abondantes. Une portion de densité 3,06 est constituée par un produit contenant du chlore et du fluor pour lequel l'analyse conduit à la formule

$$K(Cl, Fl) + Nd^2O^3, 2K^2O, 7SiO^2.$$

	Trouvé.			Calculé pour K Cl, $Nd^2O^3, 2K^2O, 7SiO^2$.
Silice	41,91	40,80	»	41,27
Nd^2O^3	33,53	32,74	»	32,93
K^2O	23,45	24,22	»	23,09
Cl	1,43	1,41	1,37	3,49
Fl	»	»	1,6	»

Application à l'oxyde de fer. — Les méthodes décrites s'appliquent sans modification à l'oxyde de fer : elles présentent les mêmes particularités relativement à la grande fusibilité du silicate ferrique, et une difficulté encore plus grande pour le fractionnement des produits.

J'ai pu cependant en isoler à l'état de pureté la leucite ferrique qui a déjà été reproduite par Hautefeuille.

	Trouvé.	Calculé.
Silice	48,04	48,58
Fe^2O^3	32,51	32,38
K^2O	18,93	19,03

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'utilisation des huiles d'animaux marins et de poissons dans les moteurs.* Note [1] de MM. **Georges Lumet** et **Henri Marcelet**, transmise par M. C. Matignon.

L'un de nous a déterminé [2] les chaleurs de combustion de quelques huiles d'animaux marins et annoncé que des essais pratiques satisfaisants avaient été faits avec ces huiles.

Ces essais ont été effectués avec deux moteurs de 4 et 10 chevaux en service courant depuis de longs mois, du type Diesel-Hindl. Aucun réglage mécanique n'a été effectué et les huiles ont été simplement substituées au gasoïl employé jusqu'alors pour alimenter les moteurs. Les huiles trop visqueuses avaient été rendues fluides par un chauffage préalable.

Des essais méthodiques n'ont pu être exécutés en raison des quantités trop faibles d'huiles dont on disposait, mais les essais réalisés ont acquis, du fait qu'aucun réglage des moteurs n'avait été entrepris, un caractère industriel intéressant puisque l'on se bornait à une simple substitution d'un combustible à un autre.

Le tableau ci-contre résume toutes les données physiques des produits essayés et les résultats obtenus; on voit utilisées six huiles d'animaux marins, quatre graisses des poissons des grands lacs du Cambodge, un échantillon de squalène, hydrocarbure retiré des huiles de Centrophore et pour comparaison les constantes du gasoïl.

L'examen de ces résultats conduit aux conclusions suivantes :

1° La puissance du moteur est très sensiblement la même, soit que l'on fonctionne au gasoïl ou avec les huiles de poisson.

Les différences extrêmes notées et qui sont de l'ordre de grandeur de 10 pour 100, peuvent d'ailleurs être sous la dépendance d'un réglage du moteur.

2° La consommation spécifique est un peu plus élevée avec les huiles de poisson et apparemment dans la proportion inverse du pouvoir calorifique.

3° De même que pour les huiles végétales, le fonctionnement général du moteur est plus souple que lors du fonctionnement au gasoïl et le coup de l'explosion moins brutal.

---

[1] Séance du 8 août 1927.

[2] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 604.

Huiles.	Chaleurs de combustion.	Points d'inflammabilité.	Points de combustibilité.	Poids spécifique. 15°.	Poids spécifique. 34°.	Viscosité en degrés Engler. 20°.	25°.	34°.	56°.	100°.	Puissance développée.	Consommation spécifique.	Observations.
	cal.: gr	°C.	°C.								ch	g	
Cethorinus maximus, Gunner	9857	207	262	0,8966	»	»	7,4	»	3,0	1,5	9,2	269	I
Centrophorus granulosus, Mull. et Henl.	10790	234	260	0,8658	»	»	2,6	»	1,5	1,1	9,6	281	II
Hexanchus griseus, Rafin.	9491	310	347	0,9138	»	»	10,2	»	3,2	1,6	4,02	345	
	9491	310	347	0,9138	»	»	10,2	»	3,2	1,6	9,9	263	
Dorosoma nasus, Bloch. N° 1	9030	201	240	0,9360	»	»	22,8	»	4,7	1,8	9,0	275	
Dorosoma nasus, Bloch. N° 2	8940	305	347	0,9340	»	»	7,6	»	2,9	1,5	9,3	278	III
Graisses des poissons des grands Lacs du Cambodge.													
Trey-Pra de Kompong-Chnang	9150	222	265	»	0,9060	»	»	7,0	2,8	1,5	4,3	»	IV
Trey-Reach de Kompong-Chnang	8700	214	248	»	0,9045	»	»	5,7	3,1	1,6	4,0	290	
Trey-Reach de Prey-Veng	9480	225	275	»	0,9060	»	»	5,5	2,9	1,5	4,23	281	V
Trey-Lenh de Kompong-Thon	9240	214	255	»	0,9060	»	»	4,9	2,7	1,5	4,1	306	
Hydrocarbure extrait des huiles de Centrophore.													
Squalène	10772	195	245	0,8630	»	»	2,4	»	1,4	1,1	10,1	285	
Hydrocarbure généralement employé dans les moteurs.													
Gasoïl	11000	80	95	0,8650	»	1,2	»	»	»	»	4,9	291	
	11000	80	95	0,8650	»	1,2	»	»	»	»	10,1	244	
	11000	80	95	0,8650	»	1,2	»	»	»	»	10,4	226	

Observations. — I. Ratés au départ. — II. Échappement visible. — III. Clapets de la pompe à huile collés. — IV. Arêtes et filaments dans les clapets de la pompe à huile. — V. Filaments dans les clapets de la pompe à huile.

4° La seule difficulté rencontrée dans les essais est due à la viscosité trop élevée des huiles aux températures relativement basses.

La viscosité Engler du gasoïl à 20° est de 1,2, alors qu'elle est de l'ordre de grandeur de 5 à 10 et même de 22 pour les huiles de Dorosoma.

A 100° la viscosité des huiles de poissons est encore supérieure à celle du gasoïl à 20°; seule l'huile de Centrophore est plus fluide.

Le fonctionnement des clapets de la pompe d'alimentation en combustible est évidemment affecté par cette circonstance, mais il est très facile d'y porter remède par un chauffage préalable de l'huile en vase clos afin d'éviter l'odeur désagréable qui se dégage. Un filtrage préalable des huiles s'impose également.

5° On a constaté l'utilisation parfaite des huiles dans ces moteurs; l'échappement était parfaitement incolore et pratiquement inodore.

On peut donc conclure de ces essais que les huiles d'animaux marins et de poissons en général sont utilisables dans les moteurs à combustion interne des cycles Diesel ou semi-Diesel, sous la seule condition que, dans ces derniers, le taux de compression soit tel que la chaleur apportée par la compression soit supérieure à la chaleur de combustion de l'huile utilisée.

TOXICOLOGIE. — *Sur la proportion des vapeurs nitreuses au voisinage d'une lampe à arc pour traitement médical.* Note [1] de M. J. **Dadlez**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une Note récente [2], M. Kohn-Abrest a signalé l'intérêt que présentait, au point de vue de l'hygiène, la démonstration de l'existence de vapeurs nitreuses dans l'air. Il a institué un procédé très simple pour en effectuer le dosage sur place, et constaté ainsi qu'il n'y avait pas production de peroxyde d'azote lors du fonctionnement des lampes en quartz à rayons ultraviolets, fait rassurant pour la salubrité de l'air des cliniques.

J'ai pensé, à la suite de ces travaux, qu'il serait utile de les étendre à la recherche des vapeurs nitreuses produites par le fonctionnement *des lampes à arc* pour traitement médical et d'en tirer toutes conclusions utiles au point de vue de l'hygiène.

---

(1) Séance du 1er août 1927.

(2) E. Kohn-Abrest, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 482.

Dans les expériences que j'ai entreprises à cet effet, l'air était prélevé à la distance variable d'une lampe à arc (Chenaille).

Le dosage des vapeurs nitreuses a été effectué par le procédé Kohn-Abrest en opérant de la manière suivante :

Dans un flacon de 4^l où règne le vide, on fait pénétrer 10 à 12^{cm^3} de soude à 1 pour 100, l'air est ensuite prélevé par aspiration. Après agitation, la solution de soude est introduite, étendue, dans une fiole, additionnée de 5 à 6^{cm^3} d'acide sulfurique $\frac{1}{5}$ et titrée au permanganate $\frac{N}{10}$.

Ce procédé a été vérifié par absorption de volumes connus de bioxyde d'azote. La présence de l'ozone dans l'air est sans influence, même à raison de $1^{mg},8$ par mètre cube.

Voici les résultats des expériences :

Cube du local (en mètres cubes).	Distance de la lampe (en centimètres).	Durée du fonctionnement de la lampe (en minutes).	Teneur en acide nitrique par litre d'air (en milligrammes).
50	4	2 à 15	0,78 à 0,84
50	50 à 80	2	négatif
50	50 à 80	5 à 10	0,07
50	50 à 80	30	0,15
14	4	1	0,6 à 0,8
14	60 à 70	5	0,17
14	50 à 70	10	0,22

La réaction à la diphénylamine sulfurique était positive dans tous les essais et son intensité correspondait à la teneur d'acide nitrique, déterminée par l'autre procédé.

Je rappellerai que Hasegawa (1) a constaté sur lui-même que $0^{mg},16$ d'acide nitrique par litre d'air provoquait de l'irritation légère des muqueuses de la gorge, que $0^{mg},26$ étaient fortement irritants, en provoquant de la toux, enfin que $0^{mg},56$ cessaient d'être supportables au bout de 10 minutes.

D'après Diem (2) l'irritation se produirait déjà avec $0^{mg},03$ par litre d'air. En expérimentant sur moi-même j'ai constaté que les premiers symptômes se manifestèrent avec une teneur de $0^{mg},14$ à $0^{mg},16$ d'acide nitrique par litre d'air. Par contre, une teneur au-dessous de $0^{mg},1$ n'a produit même après 30 minutes aucune irritation.

---

(1) LEHMANN und HASEGAWA, *Arch. f. Hyg.*, 77, 1912-1913, p. 323.

(2) LEHMANN und DIEM, *Arch. f. Hyg.*, 77, 1912-1913, p. 311.

En comparant la dose irritante ($0^{mg},14$ à $0^{mg},16$ par litre d'air) avec la quantité ($0^{mg},08$) d'acide nitrique, produite à la distance de 50 à 70^{cm}, après 20 minutes de fonctionnement d'une lampe à arc placée dans une grande pièce, on est amené à conclure qu'il n'y a dans ces conditions aucun danger. Au contraire, dans une petite pièce à la même distance, la proportion d'acide nitrique atteint rapidement $0^{mg},17$, dépasse après 10 minutes $0^{mg},2$, et l'atmosphère s'est chargée d'une proportion toxique de vapeurs nitreuses. Pour éviter cet inconvénient il importe d'assurer une ventilation efficace.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite*).

Report of his Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Admiralty. Le Cap.
Report of the Aeronautical Research Institute. Tokio.
Report of the Astronomer Royal to the Board of Visitors. Greenwich.
Report of the Department of Mines. Ottawa.
Report of the Director of the Royal Observatory. Hongkong.
Report of the National Research Council. Washington.
Report of the New-York Meteorological Observatory. New-York.
Report on the Danish Oceanographical Expeditions 1908-1910. Copenhagen.
Reports on Mars. Mandeville (Jamaïque).
Résultats des campagnes scientifiques..., par *Albert Ier*. Monaco.
Results of Magnetical Meteorological and Seismological Observations. Port-Louis.
Results of Meteorological Observations made at the Radcliffe Observatory. Oxford.
Revista de la Facultad de agronomia y veterinaria. Buenos-Aires.
Revista de la Facultad de Medicina veterinaria. La Plata.
Revista de la real Academia de Ciencias. Madrid.
Revista de la Sociedad cientifica del Paraguay. Asuncion.
Revista del colegio de ingenioros de Venezuela. Caracas.
Revista del Instituto bacteriologico del Departamento nacional de higiene. Buenos-Aires.
Revista do Museu Paulista. Sâo Paulo.
Revista mexicana de ingenieria y arquitectura. Mexico.
Revista zootécnica. Buenos-Aires.
Revue bryologique. Cahan par Athis.
Revue de l'industrie minérale. Paris, Saint-Étienne.
Revue des combustibles liquides. Paris.
Revue des questions scientifiques. Paris, Louvain.
Revue des voyages (*La*). Paris.
Revue de viticulture; Journal de la viticulture française et mondiale. Paris.
Revue du génie militaire. Nancy, Paris, Strasbourg.
Revue du Touring-Club de France (*La*). Paris.
Revue générale de l'électricité. Paris.
Revue générale des sciences pures et appliquées. Paris.
Revue générale du Centre-Ouest de la France. Poitiers.
Revue hydrographique. Cannes.

Revue internationale de renseignements agricoles. Rome.
Revue maritime. Paris.
Revue médicale de l'Est. Nancy, Paris.
Revue pédagogique. Paris.
Revue platonicienne. Perpignan.
Revue scientifique. Paris.
Revue scientifique du Bourbonnais et du centre de la France. Moulins.
Revue zoologique russe. Moscou.
Rocznik Akademii Umiejetnosci w Krakowie. Cracovie.
Rocznik Polokiej Akademji Umiejetnosci. Cracovie.
Rose-Croix (La). Paris.
Rothamsted Memoirs on Agricultural Science. Harpenden.
Royal Society of Medecine (Official Bulletin). London.
Rozpravy ceske Akademie ved a umeni. Praze.
Russian Society of the Amateurs of the Universe's Knowledge (Astronomical Bulletin). Léningrad.

School Life. Washington.
Science Reports of the Tôhoku Imperial University. Sendai.
Scientia. Bologna
Scientific magazine of the geological Catheder of Katerynoslaw. Ekaterinoslaw.
Scientific Papers of the Bureau of Standards. Washington.
Scientific Papers of the Institute of physical and chemical research. Tokio.
Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society. Dublin.
Scientific Reports from the Government Institute for Infectious Deseases. Tokio.
Seismological Bulletin. Java, Batavia.
Selected (The) Papers from the Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan Tokio.
Síntesis estadística de la republica oriental del Uruguay. Montevideo.
Slavia. Prague.
Smithsonian Institution. Bureau of American Ethnology (Bulletin). Washington.
Smithsonian Miscellaneous Collections. Washington.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOUT 1927.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La constitution lithologique des volcans du Pacifique central austral.* Note de M. **A. Lacroix**.

Depuis plus de 25 ans, je recueille des documents pour rechercher dans quelles limites il est légitime de généraliser la conclusion que j'ai tirée jadis de l'étude des laves de Tahiti pour la connaissance des volcans épars dans le Pacifique austral. J'ai montré, en effet, que les laves de Tahiti présentent un caractère alcalin, ou pour parler un certain langage à la mode, un caractère *atlantique* au milieu d'une vaste région à laquelle était attribué, *a priori*, il faut bien le dire, le caractère dit *pacifique*, c'est-à-dire calco-alcalin.

J'ai présenté à ce sujet au Congrès Pan-pacifique (1926) un Mémoire dont le développement est actuellement à l'impression dans les *Mémoires de l'Académie :* je me propose d'en exposer ici les conclusions différant par quelques détails de ceux que j'ai donnés à Tokyo, d'une part parce que j'ai eu récemment en main des documents nouveaux, et d'une autre parce que les travaux de MM. Daly et Bartrum sur les Samoa, de MM. Chubb et H. Campbell Smith sur les Tubuai ont apporté quelque précision, là où il en manquait.

A l'Est d'une ligne passant par les îles d'origine continentale, de l'Amirauté, Salomon, Santa Cruz, les Nouvelles Hébrides, Fidji, Tonga, Kermadec et la Nouvelle Zélande, toutes les îles situées au sud de l'Equateur sont exclusivement coralliennes ou volcaniques. Ce sont de ces

dernières seulement dont je vais m'occuper. La discussion des résultats de l'étude d'un très grand nombre d'échantillons et de 125 analyses, dont un grand nombre, nouvelles, ont été effectuées par M. Raoult, me conduit à diviser ces îles en trois séries lithologiques, sur la base de l'existence ou de l'absence de la néphéline exprimée ou virtuelle, conséquence de l'état de saturation de la silice du magma dans lequel la soude prédomine sur la potasse, à quelques très rares exceptions près.

a. Série néphélinique. — 1° Une série essentiellement alcaline, très complète, est réalisée à Tahiti. Par ordre d'abondance, il faut citer, parmi les roches volcaniques qui jouent le rôle le plus important, des *basanitoïdes* (III.6.3.4), riches en néphéline restée à l'état virtuel; la proportion des éléments colorés est variable, mais généralement grande; quand elle devient considérable, les roches constituent des *ankaramites-océanites* IV[6.3.4]2.$\frac{3}{4}$.2.2, riches en phénocristaux d'olivine; puis viennent des laves spéciales, que j'ai appelées *tahitites* (II.6.2.4), des *phonolites* (I.6.1.4) et des *trachytes néphélinifères* [I.5(6).1.4], où la néphéline ou bien ses substituts (haüyne, sodalite) sont exprimés minéralogiquement. Ces laves, formant des dykes et des coulées, sont accompagnées d'intrusions de roches grenues ayant respectivement la même composition chimique que les laves, mais la néphéline y est exprimée (*syénites* (I.6.1.4) et *monzonites néphéliniques* (II.6.2.4), *essexites* (II.6.2.4), *théralites* et *luscladites* (III.6.3.4) ou bien virtuelle [*mafraïtes* (III.6.3.4)], avec quelques types exceptionnels, holomélanocrates (*yamaskite, diopsidite à olivine*), et des roches filoniennes variées de même composition chimique que les basanitoïdes (*monchiquites, camptonites*) ou les phonolites (*tinguaïtes*). A cette série néphélinique, sont associées quelques laves sans néphéline (basaltes) aboutissant, elles aussi, à des ankaramites-océanites.

2° Les îles de Cook ont fourni plusieurs types appartenant aux extrêmes de la série précédente; l'un est une *phonolite* très riche en néphéline (I.7.1.4) et un type mésocrate [(II)III.7.1.4) nouveau (*murite*), forme d'épanchement des shonkinites sodiques, l'autre est une *etindite* [III(IV).8.2.4[2.2.2.2], passant à l'*ankaratrite*, avec une teneur en soude supérieure à celle des roches analogues de Tahiti.

b. Série intermédiaire. — Comme la précédente, cette série comprend des roches à néphéline, au moins virtuelle, et d'autres, sans feldspathoïdes, mais leur importance relative est renversée, ce sont les dernières qui prédominent.

1° Les îles Sous-le-Vent (Bora-Bora, Tahaa, Huahine, Raiatea), auxquelles je rattache Moorea, malgré sa proximité de Tahiti, renferment des *trachytes néphélinifères* (I.(5)6.1.4), des *basaltes* β (III.5.3.4), (III.5.4.4) et des *gabbros* β ne contenant que peu ou pas de néphéline virtuelle. Ces basaltes aussi aboutissent à des *ankaramites océanites*, de caractère chimico-minéralogique spécial IV[5.3.4]2.3.2.2. A noter encore une *andésite oligoclasique* (II.5.2.4) à Raiatea, une *andésite andésitique* (II.5.3.4) et une *shoshonite* (II.5.3.3), l'une des rares roches du Pacifique renfermant plus de potasse que de soude, à Moorea.

2° Les îles Tubuai sont surtout formées par des *basaltes* aboutissant à des ankaramites, mais, à Rapa, il existe aussi des trachytes néphélinifères. Il faut signaler enfin

des intrusions de roches basiques à néphéline exprimée, des *luscladites* (III.6.3.4), jouant le même rôle géologique que la série néphélinique grenue à Tahiti.

3° Les îles Samoa sont essentiellement *basaltiques*, riches en olivine, avec *ankaramites-océanites* à Upolu et Savai, mais, il existe aussi des types à néphéline virtuelle, des *limburgites* (III.6.3.4) et, peut-être même, des *basanites*, enfin quelques *trachytes* (I.5.1.4). La complication est plus grande à Tutuila, où se rencontrent en outre des *andésites oligoclasiques* (II.5.2.4), *andésitiques* (II.5.3.4), ou *labradoriques* (II.5.4.4) et enfin une rhyolite (I.4.1.4), représentant le seul cas dans le Pacifique, d'une roche à silice libre *exprimée*.

c. Série sans néphéline. — Dans cette série, il existe de la diversité.

1° Les îles Gambier (Mangareva) sont uniquement basaltiques : *basaltes* β (III.5.4.4) et *océanites* IV[5.4.4]2.4.2.2.

2° Dans les îles Marquises, les *basaltes* β (III.5.3.4) sont associés à divers types de *trachytes* β (I.5.1.4) et à des latites (I.5.2.3), un peu plus potassiques que sodiques.

Enfin, 3° à Pitcairn et très au loin vers l'Est, à l'île de Pâques et à Sala y Gomez, se trouvent des associations de roches moins basiques : un *trachyte* α (I.5.1.4) et une *andésite* β (II.5.3.4) à Pitcairn; une *rhyolitoïde* (I.4.1.4), des types andésitiques (II.5.3.4) et un *basalte* β (III.5.3.4) à l'île de Pâques et à Sala y Gomez.

L'examen comparatif de ces divers types lithologiques montre que parmi ceux dépourvus de néphéline, il en est qui se rencontrent indifféremment, associés, ou non, à des roches à néphéline; ce sont les andésites II, 5, 3, 4; II, 5, 4, 4 et les basaltes III, 5, 3, 4; mais il en est d'autres qui ne sont pas accompagnés de types néphéliniques (rhyolites de l'île de Pâques; trachytes des Marquises et de Pitcairn). Parmi les types indifférents, il faut noter les ankaramites et les océanites; cela tient à ce que ces roches sont les termes les plus mélanocrates des basaltes et des basanites; la proportion des éléments blancs y étant très réduite, la nature de ceux-ci n'est déterminée que par de très petites différences chimiques, de telle sorte que les types basanitiques ne diffèrent guère des basaltiques : néanmoins on remarquera que, le deuxième des paramètres basés sur les feldspaths est le même dans les ankaramites que dans les roches mésocrates qui les accompagnent.

Les résultats de cette étude accentuent encore ce fait mis en évidence par beaucoup d'observations modernes que la conception d'une localisation nécessaire de certains types lithologiques dans des associations déterminées n'est pas exacte. La notion d'un type pacifique et d'un type atlantique des roches éruptives ne doit donc pas être maintenue sous cette forme, mais il est légitime de parler d'un *facies circum-pacifique*. Remarquable, en effet, est l'absence absolue dans la région intrapacifique, non seulement méri-

dionale, mais encore septentrionale (Hawaii), des types lithologiques les plus spécifiques des volcans circum-pacifiques, c'est-à-dire les *dacites* (et *dacitoïdes*) et des *andésites* α, à plagioclases très zonés, généralement riches en hyperthène et renfermant parfois de la hornblende.

On ne peut pas douter de la très grande prédominance des roches à facies basaltique parmi les laves de tous les volcans du Pacifique central austral; toutes les autres roches en dérivent certainement par différenciation et si l'on tient compte de ce que les sondages des océanographes n'ont rapporté du fond de cet océan que des débris basaltiques, en dehors de l'argile rouge formée à leurs dépens et des sédiments organogènes, on doit conclure que la plus *vaste* partie du *vaste* monde n'est couverte que d'épanchements basaltiques. Sans doute est-il bien hardi de conclure de la composition lithologique d'une poussière d'îles, encore que sommets d'édifices volcaniques gigantesques se dressant du fond de l'Océan, à la composition lithologique et chimique du plancher de l'immensité du Pacifique, mais comment ne pas être influencé aussi par la composition lithologique d'autres îles plus éloignées vers l'Est : Juan Fernandez, San Felix et San Ambrosio, situées au large des côtes du Chili, les Galapagos au large de la côte de l'Équateur et aussi des îles Hawaii [1] situées symétriquement par rapport à l'Équateur de la région que j'ai étudiée; leur composition est, elle aussi, différente de celles des roches circum-pacifiques.

S'il existe réellement un réservoir commun de magma basaltique ayant alimenté tous les volcans du Pacifique, et si ce magma avait originellement une composition uniforme, il résulte des conclusions de cette Note qu'il s'est produit des variations régionales dans le mode de sa différenciation considérée dans l'espace et sans doute dans le temps, mais cette constatation étant faite, il faut reconnaître que les causes du phénomène nous échappent pour l'instant.

---

[1] Dans la classification donnée plus haut, Hawaii est à placer dans la série sans néphéline, mais avec cette particularité différentielle que ses basaltes constituent le plus souvent des basaltes α à silice libre virtuelle : quant aux îles voisines (Oahu, Molokai, Maui, Niikau et Kauai), elles sont à placer dans la série intermédiaire avec Juan Fernandez, San Felix et San Ambrosio.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution numérique de certains systèmes d'équations algébriques entières à un nombre quelconque d'inconnues.* Note (¹) de M. **Riquier**.

I. Considérons un système d'équations aux dérivées partielles n'impliquant qu'une fonction inconnue, et présentant, par rapport à celle-ci et à ses dérivées, la forme linéaire et homogène à coefficients constants. Exclusion totale étant faite de la solution banale où l'inconnue est identiquement nulle :

1° Nous dirons que le système est *possible* ou *impossible*, suivant qu'il admet ou non quelque autre solution;

2° Nous nommerons *intégration restreinte* du système la recherche des solutions de la forme $\upsilon e^{rX+sY+\dots}$, où X, Y, ... désignent les variables indépendantes, en nombre quelconque n, et υ, r, s, ..., des constantes, en nombre $n+1$, dont la première, υ, est expressément assujettie à n'être pas nulle; les solutions de cette forme seront elles-mêmes qualifiées d'*immédiates.* Dans une solution immédiate, la constante (non nulle) υ est évidemment arbitraire.

Cela posé :

A. *On peut,* à l'aide d'un calcul limité, *reconnaître si un système donné est possible ou impossible, et, dans le cas de possibilité, si son intégrale générale dépend d'un nombre limité ou illimité de constantes arbitraires.*

B. Dans le cas remarquable où le système est possible et où son intégrale générale dépend d'un nombre limité, g, de constantes arbitraires, *son intégration restreinte peut s'effectuer par la résolution d'un système de n équations algébriques entières aux n inconnues r, s, ..., de la forme*

$$F_1(r)=0, \qquad F_2(s)=0, \qquad \dots.$$

Ces n équations sont toutes de degré g : pour avoir les divers systèmes de valeurs de r, s, ... figurant dans les solutions immédiates, on écrira sur une première ligne les racines distinctes de l'équation $F_1(r)=0$; sur une deuxième ligne, les racines distinctes de l'équation $F_2(s)=0$; ...; et l'on prendra, de toutes les manières possibles, une quantité, et une seule, dans chacune des n lignes.

II. A un système algébrique quelconque, où se trouvent engagées les n

(¹) Séance du 17 août 1927.

inconnues $x, y, \ldots,$

$$(1)\quad \begin{cases} M_1 x^{\alpha_1} y^{\beta_1} \ldots + \ldots + P_1 = 0, \\ M_2 x^{\alpha_2} y^{\beta_2} \ldots + \ldots + P_2 = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ [M_1, \ldots, P_1, M_2, \ldots, P_2, \ldots, \text{coefficients constants}] \end{cases}$$

faisons correspondre le système différentiel partiel

$$(2)\quad \begin{cases} M_1 \dfrac{\partial^{\alpha_1+\beta_1+\ldots} u}{\partial X^{\alpha_1} \partial Y^{\beta_1} \ldots} + \ldots + P_1 u = 0, \\ M_2 \dfrac{\partial^{\alpha_2+\beta_2+\ldots} u}{\partial X^{\alpha_2} \partial Y^{\beta_2} \ldots} + \ldots + P_2 u = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

impliquant la fonction inconnue u des n variables indépendantes X, Y, ...

Pour que le système algébrique (1) admette la solution numérique

$$x, y, \ldots = x', \quad y', \quad \ldots,$$

il faut et il suffit que le système différentiel partiel (2) admette la solution immédiate (I, 2°)

$$u = v\, e^{x'X + y'Y + \ldots}.$$

Et ainsi, *la recherche des solutions numériques du système* (1) *se ramène à l'intégration restreinte du système* (2), *et réciproquement.*

Cela posé, *si le système* (2) *est possible, et que son intégrale générale dépende d'un nombre limité de constantes arbitraires* (I, A), *la recherche des solutions numériques du système* (1) *se trouve ramenée au cas remarquable, examiné plus haut* (I, B), *de l'intégration restreinte.*

ALGOLOGIE. — *Sur la végétation continue de certaines Phéosporées annuelles.* Note [1] de M. C. SAUVAGEAU.

Plusieurs Algues phéosporées, qui semblent annuelles parce que la forme sous laquelle elles furent d'abord décrites disparaît chaque année, sont néanmoins vivaces par un thalle rampant stérile (*Cladostephus verticillatus*) ou fertile (*Sphacelaria olivacea*) qui, lors du retour de la saison favorable, émettra un nouveau thalle dressé. D'autres, réellement annuelles, sont rem-

---

[1] Séance du 17 août 1927.

placées par un individu de forme différente et d'existence indépendante; elles présentent une régulière alternance de générations entre un sporophyte et un gamétophyte; c'est le cas des *Saccorhiza bulbosa, Carpomitra Cabreræ*, etc., où un gamétophyte microscopique remplace le sporophyte de grande taille. Je ne connais pas de Phéosporées annuelles ou éphémères qui passent la saison défavorable à l'état d'hypnospores ou d'hypnozygotes, comme cela se voit chez diverses Algues vertes, mais des hypnocystes fortuits, comparables à ceux dont on constate la présence sur des individus qui souffrent ou qui sont sur le point de disparaître (*Tilopteris*, etc.), jouent peut-être un rôle, au moins à titre accessoire, dans leur conservation et leur multiplication. Enfin, il existe des Phéosporées annuelles, et leur nombre est vraisemblablement important, où, pendant l'éclipse périodique de son état macroscopique, la plante se multiplie sans interruption sous une autre forme, indépendante de la première et qui a été méconnue. Ce phénomène, entrevu par Kuckuck quand il parlait de « prosporie » et de « génération naine », ne rentre pas dans le cadre des idées classiques; il nécessite donc la création de quelques désignations nouvelles.

Chacune de ces *Eclipsiophycées* se compose de deux tronçons : il y a *alternance de végétation* entre une grande *Délophycée* (de δῆλος, apparent, visible), qui est la plante éphémère décrite par les auteurs, et une minuscule *Adélophycée* (de ἄδηλος, caché, invisible, obscur) qui se multiplie comme telle par des sporanges et qui, finalement, régénère la première. Ce second tronçon, jusqu'à présent observé seulement dans les cultures, existe évidemment aussi dans la nature et il y aurait lieu de rechercher si, parmi les espèces de petite taille que les auteurs ont décrites, certaines ne seraient pas simplement un état adélophycé. Cette notion nouvelle explique l'apparition soudaine et profuse des Phéosporées annuelles succédant à une éclipse totale et prolongée.

Le terme *protonéma* étant réservé à un thalle qui propage la plante par de simples bourgeonnements végétatifs (Muscinées, *Colpomenia sinuosa*, etc.), et celui de *prothalle* étant réservé au gamétophyte de plantes offrant une alternance entre une génération sexuée et une génération asexuée de taille prédominante (Cryptogames vasculaires, Laminaires, etc.), ni l'un ni l'autre terme ne convient au tronçon adélophycé qui multiplie ses individus par de vrais organes reproducteurs. Si certains prothalles, en effet, peuvent se propager par bouturage normal ou accidentel, aucun ne forme d'autres organes reproducteurs que ceux que détermine l'alternance des générations et jusqu'à présent constatés seulement sous le mode hétérogamique. Je pro-

pose donc de nommer ce tronçon adélophycé *pléthysmothalle* (de πληθυσμός, augmentation, multiplication) mot qui rappelle cette propriété. Le nombre encore bien restreint des Phéosporées où ce pléthysmothalle a été constaté s'accroîtra certainement.

Tous les auteurs considèrent les sporanges uniloculaires comme des organes asexués; par contre, les sporanges pluriloculaires sont souvent appelés gamétanges parce que plusieurs Phéosporées ont offert une copulation isogamique ou hétérogamique entre les éléments motiles qu'ils émettent, généralisation peut-être hâtive et qui, en particulier, ne tient pas assez compte des espèces qui possèdent deux ou trois sortes d'organes pluriloculaires (*Ectocarpus virescens*, *Ect. Padinæ*, *Giraudya*, etc.). Or, des Délophycées comme le *Castagnea Zosteræ* et le *Leathesia difformis*, pourvues simultanément ou successivement de sporanges uniloculaires et de sporanges pluriloculaires, engendrent, par les uns et par les autres, des pléthysmothalles semblables entre eux. Ceux-ci, toujours très fertiles, m'ont fourni uniquement des organes pluriloculaires dont les éléments motiles germent aussitôt et produisent une nouvelle génération de pléthysmothalles. A vrai dire, ces deux espèces ne m'ont pas encore démontré le passage de la forme adélophycée à la forme délophycée, et sous ce rapport mes expériences sont incomplètes. J'ai été plus heureux avec le *Giraudya*, où des plantules du *Giraudya* délophycé apparaissent brusquement sur le pléthysmothalle adélophycé. Ce phénomène paraît plus important au point de vue biologique qu'au point de vue taxinomique; ainsi, j'exposerai dans une prochaine Note que les zoospores des sporanges uniloculaires de l'*Asperococcus compressus* fournissent un protonéma monosiphonié rapidement producteur de plantules polysiphoniées, alors que celles de l'*Asper. echinatus* fournissent un pléthysmothalle rapidement producteur de sporanges pluriloculaires.

En résumé, les organes reproducteurs portés par les Délophycées ne servent ni à les multiplier, ni même à les conserver sous cette forme; ils engendrent des Adélophycées minuscules, uniformes ou hétéroblastiques qui se multiplient comme telles par des organes pluriloculaires et qui, probablement après plusieurs générations, et lorsque vient la saison favorable, engendrent des Délophycées. Puis ce cycle recommence. La végétation de ces Phéosporées n'est pas interrompue; elle est continue. Au lieu de représenter une période de vie ralentie, l'état adélophycé correspond à une période de vie très active et très fertile. Je n'y ai jamais vu de sporanges uniloculaires, tandis que des sporanges pluriloculaires s'y développent à profusion. Que les éléments émis par ceux-ci germent directement ou après

copulation, on devra en tenir compte dans les théories concernant la reproduction sexuée et l'alternance des états présumés haploïdes et diploïdes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission expérimentale du spirochète de la récurrente espagnole par l'*Ornithodorus moubata *et mécanisme de cette transmission.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson.**

Exposé. — Dans notre dernière Note, nous avons montré que l'*Ornithodorus moubata*, agent naturel de transmission de la fièvre des tiques du centre de l'Afrique, pouvait expérimentalement transmettre le spirochète de la musaraigne, découvert à Dakar par A. Léger et étudié par C. Mathis.

Spirochète de la fièvre des tiques et spirochète de la musaraigne sont très voisins, sinon identiques. Il n'en est pas de même de celui de la récurrente espagnole que transmet naturellement une tique spéciale, l'*Ornithodorus marocanus* dont la présence n'a pas plus été signalée au Sénégal ou dans l'Afrique centrale que celle de l'*Ornithodorus moubata* dans les régions où se rencontre l'ornithodore marocain (Espagne et Maroc). Cependant l'*Ornithodorus moubata* transmet expérimentalement le spirochète espagnol. Les expériences qui suivent le prouvent et montrent que le mécanisme de la transmission est le même que dans le cas du spirochète de la musaraigne.

Expériences. — Ornithodores en provenance du laboratoire du professeur Brumpt.

1. *Ornithodores adultes.* — Reçus en novembre 1926, nourris le 22 décembre sur un cobaye, très infecté du virus espagnol. Placés sur cobayes neufs les 20 janvier et 1er avril, ces ornithodores les piquent vigoureusement, se remplissent de sang et souillent les plaies des piqûres d'un liquide coxal abondant. Néanmoins, les cobayes piqués ne s'infectent pas. Nouveau repas sur un cobaye, infecté du même virus, le 20 mai.

Le 1er juillet, quatre de ces tiques sont broyées et l'on inocule le produit du broyage sous la peau d'un rat neuf. Ce rat contracte l'infection typique à spirochètes espagnols, démontrée par un passage au cobaye, animal réactif.

Le 26 juillet, quatre autres ornithodores du même lot sont nourris sur un rat neuf qu'ils piquent et souillent de leur liquide coxal, puis broyés et inoculés à un second rat. Ce dernier (tiques broyées) s'est infecté; le premier (piqûres) est demeuré indemne.

2. *Nymphes.* — Nos ornithodores adultes ont donné une ponte vers le 12 juillet. Les éclosions de cette ponte ont pris fin le 23 juillet. Les 24 et 28 juillet, on nourrit les nymphes sur des rats neufs. Le premier de ces rats ne s'est pas infecté; le second a présenté une infection à spirochètes espagnols. Des examens de quelques nymphes,

pratiqués à l'ultramicroscope et au microscope, y ont montré, les 28 juillet et 1er août, la présence de spirochètes.

Nous négligeons ici une autre série d'expériences dans laquelle les nymphes avaient été placées à leur premier repas sur un rat infecté et ont, ensuite, transmis par piqûres l'infection à des rats neufs. Il n'est pas possible, dans ce cas, de connaître si le pouvoir infectant de ces nymphes était héréditaire ou acquis, ou, ce qui est plus probable, l'un et l'autre à la fois.

Conclusions concernant ces expériences. — 1° L'*Ornithodorus moubata* transmet expérimentalement le spirochète de la récurrente espagnole.

2° Il le transmet par le même mécanisme que nous avons reconnu dans le cas du spirochète de la musaraigne, voisin (ou identique) du spirochète de Dutton dont l'*Ornithodorus moubata* est l'agent de transmission naturel.

3° Les ornithodores adultes conservent longtemps les spirochètes, ingérés par eux lors du repas infectant; ils ne sont pas capables de les transmettre par leurs piqûres.

4° Les nymphes, nées de ces tiques adultes, présentent des spirochètes et les transmettent par leurs piqûres, mais seulement à partir du second repas.

Conclusions de portée générale. — 1° L'*Ornithodorus moubata* est donc susceptible de transmettre, en plus du spirochète de Dutton dont il est l'agent transmetteur naturel, deux autres spirochètes l'un voisin de celui de Dutton, l'autre très différent. Le mécanisme de la transmission, dans ces cas, est le même; c'est un mécanisme *naturel*. La démonstration du rôle de l'*Ornithodorus moubata* dans la transmission des spirochètes de la musaraigne et du spirochète espagnol, est donc faite; elle ne pouvait l'être par la méthode des inoculations de tiques broyées.

2° Dans la limite des expériences que nous venons de rapporter, la nature du spirochète importe peu; c'est le stade où se trouve la tique qui importe pour la transmission naturelle. Nous verrons bientôt ce qu'il en est avec d'autres tiques et les mêmes (et d'autres) spirochètes.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne, à l'unanimité de ses suffrages, MM. **Deslandres**, **Bigourdan**, **Lallemand**, **Bourgeois**, **Brillouin**, **Ferrié**, **Fichot**, **Perrier**, **Helbronner**, Membres de l'Académie; **Mathias**, Correspondant de l'Aca-

démie; et MM. **Delcambre**, **Genthial**, **Hubert**, **Labrouste**, **Maurain**, **Noirel**, **Rabot**, **Rothé**, **Roussilhe**, **Roule**, **Vignal**, **Viviez**, **Watier**, **Wehrlé**, pour représenter la France à la Troisième Assemblée générale de l'*Union géodésique et géophysique* à Prague, en septembre 1927.

CORRESPONDANCE.

M. **Alexis Carrel**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Bruneau de Laborie** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Minéralogie appliquée. Détermination et étude des minerais, par A. Braly.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Substitution à l'inverse d'une fonction entière. Une nouvelle généralisation du théorème de M. Picard.* Note [1] de M. **Georges-J. Rémoundos**.

1. Une conséquence immédiate du premier théorème de M. Picard est la suivante : *Étant donnée une fonction entière* $u = \sigma(z)$, *le* $\log[\sigma(z) - u]$ *ne saurait être une fonction entière pour deux valeurs finies de* u; c'est là une forme partielle du premier théorème même de M. Picard; c'est à cette forme que se rapporte la nouvelle généralisation que je me propose de communiquer ici.

Dans mon Mémoire *Sur les fonctions ayant un nombre fini de branches* [2] j'ai établi l'extension aux algébroïdes multiformes du théorème ci-dessus énoncé en introduisant la notion des valeurs *doublement exceptionnelles* en

---

[1] Séance du 17 août 1927.

[2] *Journ. de Math.*, 6e série, 2, 1, 1906, p. 97-100.

démontrant qu'il y a encore *un cas d'exception unique* même pour les algébroïdes multiformes. Les raisonnements que j'y ai utilisés sont basés sur le fait que les propriétés fondamentales des algébroïdes uniformes sont étendues aux algébroïdes multiformes, et cela m'a suggéré de rechercher et obtenir une nouvelle généralisation du théorème ci-dessus énoncé. Cette généralisation consiste en ce que la fonction exponentielle e^z qui se rattache à l'ensemble des zéros de $\sigma(z) - u$ et, par suite, au théorème de M. Picard, est remplacée par une fonction entière transcendante quelconque, jouissant d'une certaine propriété concernant sa dérivée; par conséquent l'inverse d'une telle fonction remplace le logarithme.

Le nouveau théorème est le suivant :

THÉORÈME. — *Soient $u = \sigma(z)$ une fonction quelconque, $W = \varphi(\zeta)$ une autre dont la dérivée $\varphi'(\zeta)$ soit transcendante entière à croissance régulière telle que, ζ_1 et ζ_2 étant deux valeurs quelconques de ζ, nous ayons*

$$\frac{\varphi'(\zeta_1)}{\varphi'(\zeta_2)} = \varphi'[P(\zeta_1, \zeta_2)],$$

où $P(\zeta_1 \zeta_2)$ représente un polynome entier en ζ_1 et ζ_2; désignons enfin par $\zeta = f(w)$ la fonction inverse de $w = \varphi(\xi)$.

S'il existe des valeurs de u pour lesquelles la fonction $f[\sigma(z) - u]$ soit algébroïde, ces valeurs doivent être considérées comme exceptionnelles pour la raison suivante. Deux valeurs u_1 et u_2 pour lesquelles les fonctions

$$f[\sigma(z) - u_1] = a_1(z), \qquad f[\sigma(z) - u_2] = a_2(z)$$

sont algébroïdes, sont telles que le polynome $P(\zeta_1 \zeta_2)$ devient, pour $\zeta_1 = a_1(z)$, $\zeta_2 = a_2(z)$, une constante. Deux telles valeurs seront appelées équivalentes, puisque l'algébroïsme de $a_1(z)$ entraîne nécessairement l'algébroïsme de $a_2(z)$.

Il est impossible d'avoir deux valeurs de u (non équivalentes) exceptionnelles, c'est-à-dire telles que la fonction $f[\sigma(z) - u]$ soit algébroïde. Dans ce sens, le cas d'exception est unique.

Dans le cas de M. Picard et de son extension aux algébroïdes multiformes, on a

$$P(\zeta_1, \zeta_2) = \zeta_1 - \zeta_2.$$

Ce nouveau cas d'exception semble *a priori* ne pas appartenir au cadre du théorème de M. Picard, puisque l'ensemble des zéros de $\sigma(z) - u$ ne figure pas dans le théorème ci-dessus énoncé; mais en réalité il s'y rattache dans une certaine mesure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Existence d'équations différentielles et d'équations intégrales non linéaires (à un nombre quelconque de variables), dont les solutions existent dans le même domaine que les coefficients (équations normales non linéaires).* Note (¹) de M. **Léon Pomey**, transmise par M. L. Lecornu.

1. Comme précédemment nous appelons *normale* (²) *toute* équation à un nombre *quelconque* de variables (équation intégro-différentielle, ou différentielle, ou en termes finis), caractérisée par la propriété remarquable que ses solutions existent dans tout l'intérieur du domaine d'existence des coefficients (en comptant parmi ceux-ci les fonctions qui peuvent être arbitrairement données). Les équations normales dont nous avons antérieurement reconnu l'existence (³), étaient les équations intégro-différentielles *linéaires* aux dérivées partielles (*d'ordre fini ou infini*).

Ce sont maintenant des catégories étendues d'équations *normales non inéaires* (et en premier lieu *d'équations intégrales* à un nombre *quelconque* de variables, comprenant comme cas particulier des équations aux dérivées partielles et des équations différentielles ordinaires) dont nous allons établir l'existence.

Remarquons que dans le cas particulier des équations différentielles à *une seule* variable, la recherche de pareilles équations normales (à points singuliers fixes) se relie au problème, traité principalement par Fuchs, Poincaré, M. Picard et M. Painlevé, relatif à la détermination des équations différentielles algébriques dont l'intégrale générale est uniforme.

2. *Les équations intégrales non linéaires* que nous envisageons tout d'abord, sont — en nous bornant, par exemple, à deux variables indépendantes x et y (ce qui ne diminue pas la généralité des résultats) — de la forme

$$(E) \qquad \varphi(x, y) = f(x, y) + \lambda \int_m^x \int_p^y \mathrm{P}[x, y, t, v, \varphi(t, v)]\, dt^m\, dv^p,$$

où P désigne un *polynome entier* par rapport à l'inconnue $\varphi(x, y)$.

Les coefficients $\mathrm{K}_i(xytv)$ de P sont des fonctions analytiques de x, y et des

(¹) Séance du 17 août 1927.

(²) La dénomination *équation pantéténienne* serait en réalité plus appropriée, (πάντη : partout, τείνω : prolonger, étendre).

(³) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1084; 180, 1925, p. 570; 184, 1927, p. 1400; *Journal de l'École Polytechnique*, 24ᵉ *Cahier*, 1924, p. 21; *Giornale Matematiche*, 63, 1925, p. 1.

variables d'intégration t, v; ils sont supposés holomorphes, ainsi que $f(xy)$, lorsque x et t sont dans un domaine D_x, et y (et v) dans un domaine D_y (D_x et D_y étant bornés complets et simplement connexes). Les intégrales m-uple et p-uple, $\int_m^x$ et $\int_p^y$, sont prises le long de deux lignes rectifiables L_x et L_y, qui seront les plus courts chemins joignant, dans D_x et D_y respectivement, deux origines fixes x_0 et y_0 aux points x et y. Les limites supérieures d'intégration étant ainsi variables, nous dirons que l'équation (E) est du *type Volterra*.

Cela posé, le résultat très général que nous avons en vue est le suivant :

THÉORÈME. — *Dès que l'*ordre intégral $\gamma = m + p$ *de l'équation* (E) *est suffisamment grand, celle-ci est normale dans* $D_x D_y$. *De plus, la solution* $\varphi(xy)$ *est représentée par une série unique (entière par rapport au paramètre* λ) *dans tout le domaine* (D_x, D_y); *elle y est holomorphe et unique.*

Ces diverses propriétés, que nous avons déjà rencontrées à propos des *équations intégro-différentielles linéaires aux dérivées partielles* (*loc. cit.*), montrent la parfaite similitude de toutes les équations *normales* avec les équations différentielles *linéaires ordinaires*, qui sont les représentants-types de cette famille.

3. Pour plus de clarté, nous commencerons par démontrer la proposition ci-dessus (en précisant le sens du mot : suffisamment) dans le *cas simple de l'équation*

$$\varphi(xy) = f(xy) + \lambda \int_m^x \int_p^y K(xytv)\, \varphi^2(tv)\, dt^m\, dv^p. \tag{1}$$

Celle-ci a évidemment pour *solution formelle* la série $\sum_{n=0}^{n=+\infty} \varphi_n(xy)$ avec

$$\varphi_0(xy) = f(xy), \qquad \varphi_n(xy) = \lambda \int_m^x \int_p^y K(xytv)\, \varpi_{n-1}(tv)\, dt^m\, dv^p,$$

en posant (suivant la règle de Cauchy pour la formation du carré d'une série)

$$\varpi_{n-1}(tv) = \varphi_0(tv)\,\varphi_{n-1}(tv) + \varphi_1(tv)\,\varphi_{n-2}(tv) + \ldots + \varphi_{n-1}(tv)\,\varphi_0(tv), \qquad (n \geqq 1).$$

Convergence. — Soient M_0 la borne supérieure de $|f(xy)|$ dans (D_x, D_y); M celle de $|K(xytv)|$; s et σ les longueurs des lignes L_x et L_y; l et l' leurs maxima dans (D_x, D_y). On aura

$$|\varphi_0(xy)| \leqq M_0, \qquad |\varphi_n(xy)| \leqq M_0 \left[\frac{|\lambda|\, M M_0\, s^m \sigma^p}{m!\, p!} \right]^n.$$

Dès lors, la série $\Sigma\varphi_n$ sera normalement convergente (absolument et uniformément) dans (D_x, D_y), et elle y représentera par suite *effectivement* la *solution* de l'équation (1), si l'on a

$$|\lambda|\, M M_0\, l^m l'^p < m!\, p!, \tag{2}$$

ce qui aura *toujours* lieu si l'un au moins des deux nombres m et p est suffisamment grand [1]. *Sous cette condition, l'équation* (1) *sera donc bien normale dans* (D_x, D_y).

C. Q. F. D.

Unicité. — Si (1) admettait une autre solution $\psi(xy)$, la différence $\varphi(xy) - \psi(xy)$ ou $u(xy)$ de ces deux solutions, satisferait à l'équation *homogène*

$$u(xy) = \int_m^x \int_p^y K(xy\,tv)[\varphi(tv) + \psi(tv)]\,u(tv)\,dt^m\,dv^p.$$

Appelons $H(u)$ le second membre; $u(xy)$ devrait rester constamment égale à l'expression résultant de l'*itération* de l'opération H, et par suite tendre vers zéro. Il faut donc que l'on ait $u \equiv 0$ ou $\psi \equiv \varphi$.

4. Ces résultats (sauf l'holomorphie) restent valables dans le domaine *réel*. Nous montrerons aussi qu'*ils se généralisent pour une équation intégro-différentielle aux dérivées partielles non linéaire*. Nous verrons enfin comment on peut étendre indéfiniment la famille des équations normales au moyen de *substitutions intégro-différentielles* formant un ensemble de groupes (*groupes conormaux*).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution algorithmique du problème de Poincaré concernant la construction d'un groupe de monodromie d'un système donné d'équations différentielles linéaires*. Note [2] de M. **J.-A. Lappo-Danilevski**, transmise par M. Hadamard.

1° Un système arbitraire de n équations différentielles linéaires aux singularités régulières $a_1, a_2, \ldots, a_m$, peut être mis sous la forme

$$\frac{dY}{dx} = \sum \frac{YU_j}{x - a_j},$$

$U_1, U_2, \ldots, U_m$ étant des substitutions linéaires du degré n à coefficients indépendants de x. Le problème fondamental concernant l'équation indiquée, est la détermination d'une matrice intégrale $Y(x)$ et des substitutions V_j produisant le groupe de monodromie correspondant, les substitutions U_j ainsi que les configurations $a_1, a_2, \ldots, a_m$ étant données. Henri Poincaré, dans son Mémoire célèbre *Sur les groupes des équations linéaires* (*Œuvres*, 2, p. 310), a établi que les coefficients des substitutions V_j sont des fonctions entières des coefficients des équations. Mais leurs *expressions explicites* manquent encore. Ces expressions explicites, ainsi que

(1) Dans le cas des équations *linéaires* (*loc. cit.*), la condition obtenue était indépendante des *dimensions* des domaines et des *modules maxima* des coefficients.

(2) Séance du 17 août 1927.

quelques notions que nous allons introduire à l'instant, nous serviront, dans une Note suivante, pour établir la résolution algorithmique du problème inverse, c'est-à-dire du problème de Riemann.

2° Les éléments donnés, ainsi que les éléments cherchés du problème de Poincaré étant des substitutions du degré fixe n, c'est la notion de la relation fonctionnelle dans le domaine des substitutions linéaires qui fournit le fondement logique de l'analyse du problème considéré. Chaque substitution linéaire $X = \| \{X\}_{kl} \|$ sera traitée comme un système de n^2 éléments $\{X\}_{kl}$ qui sont des nombres complexes. La substitution dont les éléments sont respectivement les modules $|\{X\}_{kl}|$ de la substitution X, sera désignée par $|X|$. A et B étant des substitutions aux éléments $\{A\}_{kk} = a$, $\{A\}_{kl} = 0\ (k \neq e)$, $\{B\}_{kk} = \{B\}_{kl} = b$, nous écrirons pour abréger $A = a$; $B = \| b \|$. Les n^2 relations $|\{X\}_{kl}| \leqq |\{\gamma\}_{kl}|$ seront considérées comme équivalentes à une seule relation $|X| \leqq |\gamma|$. En désignant par α_0, $\alpha_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}$ des constantes numériques, par X_1, X_2, X_m des substitutions variables, par X_1^0, X_2^0, ..., X_m^0 des substitutions constantes, par $\sum\limits_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1.2\ldots m)}$ des sommes de m^ν termes qu'on obtient en faisant parcourir indépendamment aux indices $j_1, j_2, \ldots, j_\nu$ les valeurs 1, 2, ..., m, nous traiterons comme une fonction analytique des substitutions X_1, X_2, ..., X_m toute substitution de la forme

$$(1)\quad F(X_1, X_2, \ldots, X_m) = \alpha_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1.2\ldots m)} (X_{j_1} - X_{j_1}^0)(X_{j_2} - X_{j_2}^0) \ldots (X_{j_\nu} - X_{j_\nu}^0)\, \alpha_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}$$

dont les éléments sont représentés par n^2 séries

$$(2)\quad \begin{aligned} &\{F(X_1, X_2, \ldots, X_m)\}_{kl} \\ &= \alpha_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1.2\ldots m)} \{(X_{j_1} - X_{j_1}^0)(X_{j_2} - X_{j_2}^0) \ldots (X_{j_\nu} - X_{j_\nu}^0)\}_{kl}\, \alpha_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}, \end{aligned}$$

supposées convergentes. La convergence de la série numérique

$$\sum\sum n^\nu \rho_{j_1} \rho_{j_2} \ldots \rho_{j_\nu} |\alpha_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}|$$

est la condition suffisante pour la convergence des séries (2), pourvu que

$$|X_j - X_j^0| \leqq \| \rho_j \| \qquad (j = 1, 2, \ldots, m).$$

Cette condition satisfaite, la fonction (1) est dite « holomorphe » dans le domaine indiqué de substitutions. Si les nombres ρ_j sont aussi grands que l'on veut, elle est dite entière. Les propositions concernant le calcul

des séries de la forme (1) sont analogues aux propositions correspondantes sur les séries ordinaires de puissances, sauf quelques singularités concernant les résultats de la comparaison des coefficients.

3° Nous désignons sous le nom de « hyperlogarithmes » de la configuration $a_1, a_2, \ldots, a_m$ les fonctions définies par les relations

$$L_b(a_{j_1}|x) = \int_b^x \frac{dx}{x-a_{j_1}}; \qquad L_b(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_{\nu-1}}a_{j_\nu}|x) = \int_b^x \frac{L_b(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_{\nu-1}}|x)}{x-a_{j_\nu}}dx.$$

L'hyperlogarithme $L_b(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_\nu}|x)$ se change en combinaison linéaire

$$L_b(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_\nu}|x) + \sum_{\mu=1}^{\nu} \rho_b^{(j)}(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_\mu}) L_b(a_{j_{\mu+1}}a_{j_{\mu+2}}a_{j_\nu}|x),$$

quand x décrit un circuit entourant le point a_j. Les coefficients, ne dépendant que de la configuration $a_1, a_2, \ldots, a_m$, sont représentés par les intégrales

$$\rho_b^{(j)}(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_{\mu-1}}a_{j_\mu}) = \int_{(a_j)} \frac{L_b(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_{\mu-1}}|x)}{x-a_{j_\mu}}dx,$$

(a_j) étant un lacet commençant en point b et enfermant le point a_j. Nous désignons ces coefficients sous le nom de « paramètres de la configuration ».

4° On obtient maintenant aisément la solution du problème indiqué dans l'article 1°. La matrice intégrale $Y(x)$ de l'équation proposée, ainsi que les substitutions V, produisant le groupe de monodromie correspondant, sont des fonctions entières des substitutions U_j

$$(3) \qquad Y(x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1,2\ldots m)} U_{j_1}U_{j_2}\ldots U_{j_\nu} L_c(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_\nu}|x),$$

$$(4) \qquad V_j = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1,2\ldots m)} U_{j_1}U_{j_2}\ldots U_{j_\nu} P_c^{(j)}(a_{j_1}a_{j_2}\ldots a_{j_\nu}).$$

Le développement (3) est valable dans toute portion finie du plan de la variable x, ne contenant aucun des points $a_1, a_2, \ldots, a_m$. En particulier, si le groupe dérivé des substitutions U_j est commutatif, les formules (3) et (4) donnent les expressions

$$(5) \quad Y(x) = \left(\frac{x-a_1}{b-a_1}\right)^{U_1}\left(\frac{x-a_2}{b-a_2}\right)^{U_2}\cdots\left(\frac{x-a_m}{b-a_m}\right)^{U_m}; \qquad V_j = e^{2\pi i U_j} \quad (j=1, 2, \ldots, m).$$

Il en résulte que, dans ce cas, toutes les solutions du système des équations proposées peuvent être mises sous forme finie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de bipoint et les fonctions aréolairement conjuguées.* Note [1] de M. **Miron Nicolesco**, transmise par M. Emile Borel.

1. Appelons, avec M. Cosserat, *bipoint* (p, q) l'ensemble des deux points $p(x, y)$ et $q(x_1, y_1)$. Appelons bipoint *opposé* à un bipoint donné, l'ensemble des deux autres sommets du rectangle ayant les deux premiers points comme sommets opposés et ses côtés parallèles aux axes de coordonnées. Considérons deux fonctions réelles f et g du bipoint (p, q). Nous dirons que les deux fonctions sont *conjuguées* en ce bipoint, si la condition suivante est satisfaite. La dérivée de chacune des fonctions au point p, prise suivant une direction *arbitraire* n, est égale à la dérivée de l'autre fonction au point q, suivant la direction n', perpendiculaire à n dans le sens direct.

On peut démontrer la propriété suivante : *La condition nécessaire et suffisante pour que les fonctions f et g soient conjuguées au bipoint (p, q), est que la fonction $f + ig$ soit analytique au bipoint opposé.*

2. Considérons une transformation du bipoint $[p(x, y), q(x_1, y_1)]$ dans le bipoint $[P(X, Y), Q(X_1, Y_1)]$ (*transformation biponctuelle du plan*). Si q est fixe et p variable sur la direction m, P et Q varieront respectivement sur les directions M et M_1. Si p est fixe et q variable sur la direction n_1, P et Q varieront respectivement sur les directions N et N_1.

J'ai établi le théorème suivant : *Il existe des transformations biponctuelles, qui à chaque couple de directions orthogonales* (m, n_1), *font correspondre les deux couples orthogonaux* (M, N_1) et (M_1, N).

Ces transformations dépendent de deux fonctions arbitraires α et β. Appelons-les *transformations* (A). Parmi les transformations (A) se trouvent les transformations telles que les deux combinaisons $X + iY_1$ et $X_1 + iY$ sont des fonctions analytiques du bipoint opposé à (p, q). Appelons *transformation* (A) *générale*, toute transformation (A) pour laquelle aucune des fonctions X, Y, X_1, Y_1 ne peut jamais s'exprimer au moyen de quatre nouvelles variables.

J'ai établi le théorème suivant : *Pour qu'une transformation* (A) *générale transforme les surfaces caractéristiques de l'espace* (x, y_1, x_1, y) *en surfaces caractéristiques de l'espace* (X, Y_1, X_1, Y), *il faut et il suffit :*

[1] Séance du 8 août 1927.

1° que l'on ait $\alpha = \beta$; 2° que les surfaces $X + iY = 0$ soient caractéristiques.

3. Plus généralement, *il existe des transformations telles que :*

$$\text{angle}(M, N_1) = \text{angle}(M_1, N) = \text{angle}(m, n_1).$$

Je les ai appelées *transformations* (B), et j'ai démontré le résultat suivant : *Les transformations* (B) *sont des transformations* (A) *pour lesquelles l'un des points correspondants est une fonction analytique du bipoint primitif.*

4. Désignons par $\frac{Df}{Dz}$ la *dérivée aréolaire* [1] d'une fonction f de la variable complexe $z = x + iy$. Si F est une fonction des variables complexes $z = x_1 + ix_2$ et $z' = x_3 + ix_4$, cette fonction possède des dérivées aréolaires partielles que je désignerai par $\frac{DF}{Dz}$ et $\frac{DF}{Dz'}$.

J'ai démontré que l'on a : $\frac{D^2F}{Dz\,Dz'} = \frac{D^2F}{Dz'\,Dz}$, donc l'opération de dérivation aréolaire est *commutative*. Je dirai que deux fonctions F et G sont *aréolairement conjuguées*, si elles vérifient le système suivant [2] :

$$\frac{DF}{Dz} = \left(\frac{DG}{Dz'}\right)_0, \qquad \frac{DF}{Dz'} = -\left(\frac{DG}{Dz}\right)_0.$$

J'ai démontré les propriétés suivantes :

I. *Deux fonctions aréolairement conjuguées satisfont à une même équation*

$$\frac{D}{Dz}\left(\frac{D\Theta}{Dz}\right)_0 + \frac{D}{Dz'}\left(\frac{D\Theta}{Dz'}\right)_0 = 0.$$

Appelons *fonction harmonique* (α), toute fonction vérifiant cette équation.

II. *La partie réelle et la partie imaginaire d'une fonction harmonique* (α) *sont des fonctions harmoniques de l'espace* (x_1, x_2, x_3, x_4). *Inversement, si* Φ *et* Ψ *sont deux fonctions harmoniques à quatre variables, la combinaison* $\Phi + i\Psi$ *est une fonction harmonique* (α).

II. *Soient* F *et* G *deux fonctions aréolairement conjuguées. Si les deux fonctions*

$$F_1 = \frac{DF}{Dz} \qquad \text{et} \qquad G_1 = \left(\frac{DG}{Dz}\right)_0$$

---

[1] Voir D. Pompéiu, *Sur une classe de fonctions d'une variable complexe* (*Rendiconti di Palermo*, 33, 1er semestre 1912, p. 108-113).

[2] L'indice zéro, placé au bas d'une expression, indique le nombre imaginaire conjugué de cette expression.

sont aréolairement conjuguées, les fonctions

$$F' = \frac{DF}{Dz'} \quad \text{et} \quad G' = \left(\frac{DG}{Dz'}\right)_0$$

sont aussi aréolairement conjuguées; et réciproquement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines suites de polynomes* (1). Note (2) de M. **René Lagrange**, transmise par M. Émile Borel.

Appelons *suite bernoullienne d'interpolation* le produit d'une suite constante d'indice zéro par une suite $\left[x, \alpha, [\bar{a}]\right]$. En posant

$$[c] = [b] : [\beta, \alpha]' : [\bar{a}],$$

considérons les suites, fonctions d'un indice r quelconque,

$$\text{(1)} \qquad \left[L_n^{(r)}(x, \alpha, \beta; [a], [b])\right] = [c]^{-r}.\left[x, \alpha, [\bar{a}]\right].$$

Les propriétés des suites d'interpolation entraînent

$$\text{(2)} \qquad [L_n^{(r)}(x)].[L_n^{(s)}(y)] = [L_n^{(r+s)}(x+y)],$$

$$\text{(3)} \qquad \overset{s}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[a]} L_{n+s}^{(r)}(x) = L_n^{(r)}(x),$$

$$\text{(4)} \qquad \overset{s}{\underset{\beta}{\triangle}}{}_{[b]} L_{n+s}^{(r+s)}(x) = L_n^{(r)}(x).$$

(3) est caractéristique de ces suites. Pour $\alpha = 1$, $\beta = 0$, $[a] = [b] = [1]$, on a les polynomes de Bernoulli-Nörlund (3). Les polynomes (1) fournissent une formule sommatoire formelle

$$\overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[a]} \varphi(x+z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} L_\nu^{(r)}(z) \overset{r}{\underset{\beta}{\triangle}}{}_{[b]} \overset{\nu}{\underset{\alpha}{\triangle}}{}_{[a]} \varphi(x),$$

comprenant en particulier la formule sommatoire d'Euler et celle de Boole-Nörlund relative aux polynomes d'Euler (4); ceux-ci constituent, en effet, une suite de la forme (1).

(1) Cf. *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1405-1407 et **185**, 1927, p. 175-178.
(2) Séance du 8 août 1927.
(3) Cf. N. E. Nörlund, *Acta mathematica*, **43**, 1922, p. 121-196.
(4) N. E. Nörlund, *loc. cit.*, p. 135.

Les suites (1), où $[a]=[b]=[1]$ sont remarquables. Quel que soit s, on a

$$(5) \qquad [L_n^{(r)}(x+s\beta, \alpha, \beta)]=[-\beta, \alpha]^{(-s)}.[L_n^{(r-s)}(x, \alpha, \beta)],$$

ce qui prend, pour les polynomes de Bernoulli, la forme symbolique

$$B_n^{(r)}(x+s)=\left(B^{(r-s)}(x)-B^{(s)}\right)^n \mp 0.$$

(5) prend une forme simple pour $s=r$. Signalons aussi

$$\sum_{s=0}^{\nu-1} L_n\left(x+\frac{s\beta}{\nu}, \alpha, \beta\right)=\nu L_n\left(x, \alpha, \frac{\beta}{\nu}\right).$$

De la fonction génératrice

$$\left(\frac{(1+\alpha t)^{\frac{\beta}{\alpha}}-1}{\beta t}\right)^{-r}(1+\alpha t)^{\frac{x}{\alpha}}=\sum_{n=0}^{\infty} L_n^{(r)}(x, \alpha, \beta)\, t^n,$$

on déduit la relation récurrente

$$(6) \qquad r L_n^{(r+1)}(x, \alpha, \beta)=(r-n) L_n^{(r)}(x, \alpha, \beta) + \left(x-r\beta+(r+1-n)\alpha\right) L_{n-1}^{(r)}(x, \alpha, \beta).$$

En particulier,

$$L_n^{(n+1)}(x, \alpha, \beta)=(x+\alpha-\beta, \beta)_n.$$

On tire également de (6) la formule d'interpolation remarquable

$$(7) \qquad \overset{r}{\underset{\alpha}{\triangle}} f(x+y+\alpha-\beta)=\sum_{s=r}^{\infty} \overset{s}{\underset{\beta}{\triangle}} f(x)\, L_{s-r}^{(s+1)}(y, \alpha, \beta).$$

Par exemple, on a

$$L_n^{(\nu)}(x+y+\alpha-\beta, \alpha, \beta)=\sum_{s=0}^{n} L_{n-s}^{(\nu-r-s)}(x, \alpha, \beta)\, L_s^{(\mu-s-1)}(y, \alpha, \beta),$$

avec un indice fixe arbitraire au deuxième membre. (7) fournit également la relation

$$L_n^{(\nu)}(x+y+\alpha-\beta, \beta, \alpha)=\sum_{s=0}^{n} L_{n-s}^{(\nu+r)}(x, \beta, \alpha)\, L_s^{(r+s+1)}(y, \alpha, \beta)$$

entre les suites où α, β sont permutés. Ces suites ne sont pas essentiellement distinctes car on démontre que

$$L_n^{(r)}(x, \beta, \alpha)=L_n^{(n+1-r)}(x+\beta-\alpha, \alpha, \beta).$$

Signalons encore que, suivant les idées de N. E. Nörlund, on peut considérer les suites

$$[L_n^{(r)}(x, \alpha, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_r)] = [\beta_1, \alpha)^{(-1)} \cdot \ldots \cdot [\beta_r, \alpha]^{(-1)} \cdot [x, \alpha]$$

qui se rattachent aux précédentes par l'identité

$$[L_n^{(r)}(x_1 + x_2 + \ldots + x_r, \alpha, \beta_1, \beta_2, \ldots \beta_r)] = \prod_{i=1}^{r} \cdot [L_n(x_i, \alpha, \beta_i)].$$

Certaines des propriétés précédentes se généralisent aisément pour ces suites.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur les formes de chambres de combustion dans les moteurs à explosion et leur effet sur l'endurance.* Note [1] de M. DE FLEURY, présentée par M. Mesnager.

Les chambres de combustion des moteurs à explosion peuvent se diviser en deux types opposés extrêmes par rapport aux dispositions moyennes usuelles : celles à accélération de combustion, dites à Turbulence, qui agissent par remous d'étranglement dans une capacité ramassée, et celles à ralentissement de la combustion, dites anti-détonantes, lesquelles agissent, soit par détentes successives en escalier, soit par stratification, ou encore par le développement des surfaces internes.

Comparativement aux culasses ordinaires, voici quelques résultats observés sur des culasses amovibles relevant de l'une ou de l'autre de ces écoles opposées, au cours de quelques essais systématiques sur un même moteur :

1° L'apparition précoce du cognement dans les régimes ralentis sous charge est caractéristique des culasses à turbulence. L'effet, dû à l'instantanéité de la combustion, est révélé par la faible avance tolérée à l'allumage, et a comme conséquence pratique de limiter la compression à des taux volumétriques très inférieurs à ceux des culasses sans turbulence pour des raisons impérieuses de conservation et d'endurance des mécanismes. Toutefois, aux basses compressions, la culasse à turbulence est nettement supérieure et atteint des rendements presque égaux à ceux des types opposés aux hautes compressions. Il n'en reste pas moins que l'avantage du fonctionnement à basse compression apparaît d'ailleurs illusoire par quelques côtés, car le cognement tend à réapparaître pour les moindres causes accidentelles diverses qui deviennent l'origine de fatigue et de dislocation du moteur.

---

(1) Séance du 17 août 1927.

2° Le fonctionnement satisfaisant et souple, sans tendance aux cognements, même à bas régime avec les plus hautes compressions, est la caractéristique des culasses des types les plus opposés à la turbulence. L'effet, dû au ralentissement de la combustion, est révélé par la forte avance qu'il faut conserver à l'allumage, même aux hautes allures et aux hautes compressions.

L'amélioration de puissance et de rendement obtenue par l'accroissement de compression, avec la culasse à combustion ralentie, fut au total plus élevée que celle obtenue avec la culasse à turbulence avec sa compression limitée par l'apparition du cognement aux allures ralenties sous charge.

En plus du gain thermodynamique, d'un point de vue pratique, les culasses à haute compression et sans cognement des types essayés se sont donc révélées, de façon quelque peu paradoxale, au point de vue des fatigues anormales des mécanismes, c'est-à-dire de l'endurance du moteur, nettement meilleures que les culasses à turbulence même à faible compression.

On peut se demander, à la suite de ces constatations, si les explications données jusqu'ici par les promoteurs de ces types opposés de culasses, ne sont pas seulement partielles, et si un facteur commun fortuit ne gouverne pas, pour une part, les accroissements de rendement thermodynamique et de puissance constatés de part et d'autre.

Le facteur commun peut être un effet de paroi et d'échanges thermiques par la seule *convection*.

La convection est, en effet, fortuitement et largement accrue par le fait même de la turbulence, de même qu'elle l'est par la cause opposée de l'accroissement fortuit du rapport de la surface au volume de la chambre de combustion dans le second cas.

Des essais, très satisfaisants à tous points de vue pratiques, moyennant, bien entendu, la mise en œuvre nécessaire de compression élevée, ont été exécutés avec des culasses simplement rainurées profondément, à grande surface interne, à fort refroidissement, exécutées en *alpax* très conducteur, et semblent confirmer cette hypothèse, que ne combat aucune raison de thermodynamique, ni de thermochimie, bien au contraire.

En effet, l'extraction des calories des gaz des cylindres d'un moteur à 4 temps est favorable 2 temps sur 4, sur le remplissage et la compression, indifférente sur le temps d'échappement, et nuisible sur un seul temps, celui de la détente.

De même l'abaissement des températures moyennes des gaz n'influe que peu sur la température initiale de la combustion, limitée par des équilibres chimiques, et semble accroître la chute de température absolue récupérable

en énergie mécanique, en même temps qu'elle est favorable à la bonne tenue et à l'endurance des organes internes.

Le degré de développement des surfaces internes, semble donc, au total, avoir une influence sur le taux de la compression optimum à mettre en œuvre dans un moteur pour un carburant donné, et sur le degré d'endurance des moteurs; les meilleures solutions constructives pratiques semblent devoir être orientées vers les très hautes compressions, avec des chambres à explosion à grand rapport de surface au volume pour les combustibles sujets à présenter le phénomène de l' « onde explosive » en général, et pour l'essence en particulier.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation de M. Schrödinger.* Note (1) de MM. **F. Gonseth** et **G. Juvet**, transmise par M. Hadamard.

M. Schrödinger, poursuivant des idées énoncées par M. L. de Broglie dans sa belle Thèse, a formulé une théorie suggestive qu'on nomme la mécanique ondulatoire. Elle permet de donner une interprétation des conditions quantiques qui ne fait pas état d'une discontinuité essentielle dans les phénomènes dynamiques (2).

Les idées de M. Schrödinger peuvent s'exprimer d'une manière très simple si l'on utilise la théorie des caractéristiques et des bicaractéristiques des équations du second ordre. C'est ce que nous avons aperçu en rapprochant les beaux Mémoires de M. E. Vessiot (3) sur la propagation des ondes des remarquables analyses de M. Hadamard dans ses deux traités classiques sur les équations du second ordre (4).

---

(1) Séance du 8 août 1927.

(2) Cf. *Annalen der Physik*, **79**, 1926, p. 361-376 et 489-527.

(3) *Essai sur la propagation des ondes* (*Ann. Ec. Norm. sup.*, 3e série, **26**, 1909, p. 403-449) et surtout : *Sur l'interprétation mécanique des transformations de contact infinitésimales* (*Bull. Soc. Math. de France*, **34**, 1906, p. 265-269). A la fin de ce dernier Mémoire, se trouve déjà exprimée toute la théorie de l'onde attachée à un point matériel mobile, la force vive et la fonction de forces ne dépendant pas du temps. Les généralisations que nous avions en vue pour le cas du régime non permanent, nous les avons cherchées en recourant, sur le conseil de M. Vessiot, à la relativité générale. Nous tenons à le remercier ici de son conseil affectueux qui nous a conduits plus loin encore que nous ne l'avions imaginé à première vue.

(4) *Leçons sur la Propagation des ondes*, p. 35-59, 265 (Paris, Hermann, 1903) et *Lectures on Cauchy's Problem in linear partial differential Equations*, p. 75, 76, 83, 192 (New-Haven, Yale University Press, 1923).

Voici les principes qui nous seront utiles : étant donnée une équation (O) aux dérivées partielles du second ordre, linéaire par rapport aux dérivées secondes, on peut définir des multiplicités dites « caractéristiques » au moyen d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre (J) et des courbes dites « bicaractéristiques » de (O) qui sont les caractéristiques de (J). Si l'on identifie (J) avec l'équation de Jacobi du mouvement d'un point matériel, les trajectoires de ce point matériel sont les bicaractéristiques de certaines équations (O), parmi lesquelles se trouve l'équation de M. Schrödinger, qu'il est d'ailleurs aisé, dans beaucoup de cas, de rattacher à (J) par invariance.

Considérons alors l'univers E_5 de nos Notes précédentes ([1]), mais supposons que les φ_i y soient tous nuls. Les coefficients du ds^2 de l'E_5 sont alors donnés par le tableau suivant :

$$(1)\qquad \begin{vmatrix} g_{00} & g_{01} & g_{02} & g_{03} & 0 \\ g_{10} & g_{11} & g_{12} & g_{13} & 0 \\ g_{20} & g_{21} & g_{22} & g_{23} & 0 \\ g_{30} & g_{31} & g_{32} & g_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Psi \end{vmatrix};$$

ils sont déterminés, sauf Ψ^2, par les équations d'Einstein. Nous généraliserons en supposant que les g_{ik} ainsi que Ψ^2 sont déterminés par les équations d'Einstein dans E_5, c'est-à-dire que nous poserons, en dehors des masses,

$$R_{\alpha\beta} = 0 \qquad (\alpha, \beta = 0, 1, 2, 3, 4).$$

Il est clair qu'on ne peut tout d'abord retrouver les équations d'Einstein de l'E_4, puisque nous avons modifié la connexion de l'E_5 qu'elles comportent; mais la modification que nous avons apportée peut être supposée tout d'abord très faible, ce qui revient à admettre que Ψ et ses dérivées $\Psi_i = \dfrac{\partial \Psi}{\partial x_i}$ sont très petites, et que toutes nos fonctions, Ψ y compris, ont des dérivées par rapport à x_4 plus petites encore. Dans ces conditions, on trouve que :

1° $$R_{ik} = 0 \qquad (i, k = 0, 1, 2, 3),$$

sont précisément les équations d'Einstein qui déterminent les

$$g_{ik} \qquad (i, k = 0, 1, 2, 3),$$

([1]) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 341 et 412.

du ds^2 de l'E_4 einsteinien;

2° $$R_{i4} = 0 \qquad (i = 0, 1, 2, 3),$$

sont des équations identiquement vérifiées;

3° $$R_{44} = 0,$$

s'écrit

$$\Psi \frac{\partial(g^{hi}\Psi_i)}{\partial x_h} + \Gamma^h_{ih} \Psi g^{ik} \Psi_k = 0,$$

ou

$$(0) \qquad g^{hi} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x_i \, dx_h} + \left(\Gamma^h_{lh} g^{li} + \frac{\partial g^{hi}}{\partial x_h}\right) \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} = 0.$$

Or si l'on cherche les bicaractéristiques de (O), on trouve précisément les géodésiques du ds^2 de l'E_4.

Si l'on considère un univers einsteinien E_4 *comme une section* $x_4 =$ const. *d'un univers* E_5 *à cinq dimensions* $(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4)$ *dont le* ds^2 *a pour coefficients les fonctions du tableau* (1), *les équations de la gravitation sont les équations* $R_{\alpha\rho} = 0$ (*où* $\alpha, \rho = 0, 1, 2, 3$) *et les trajectoires d'un point matériel* [1] *dans* E_4 *sont les bicaractéristiques de l'équation* $R_{44} = 0$ *qui détermine la fonction* ψ *lorsque les* g_{ik} *sont connus. Cette équation régit une propagation d'ondes; elle pourrait être identifiée à l'équation de M. Schrödinger.*

On voit ainsi que la fiction d'un univers à cinq dimensions permet de donner une raison profonde à l'équation de M. Schrödinger. Il est clair que cet artifice deviendrait nécessaire si quelque phénomène obligeait les physiciens à croire à la variabilité de la charge.

Remarquons que les équations que M. Schrödinger a proposées pour interpréter les raies spectrales dans un grand nombre de cas font intervenir un champ électrique, ce que nous avons écarté ici.

ÉLECTROCAPILLARITÉ. — *Les phénomènes électrocapillaires et les ions.* Note [2] de MM. **W. Kopaczewski** et **M. Rosnowski**, présentée par M. d'Arsonval.

Après avoir élucidé le rôle des facteurs physiques dans les phénomènes électrocapillaires qui accompagnent l'ascension des colloïdes dans les papiers-filtres, nous avons examiné celui des ions [3].

(1) Ne modifiant pas le champ d'une manière appréciable, bien entendu.

(2) Séance du 17 août 1927.

(3) W. Kopaczewski et W. Zukiewicz, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1443-1445.

1. *Les cathions.* — Nous avons étudié l'action des concentrations M/1000 des cathions monovalents (Li, Am, Na, K et Cs), bivalents (Ca, Sr, Ba, Mg, Zn, Cd, Hg, Cu, Co, Ni, Mn, Pb, Va, U), trivalents (Al, Fe, Ce et La) et tétravalents [Sn (?) et Th]. Les substances employées étaient des chlorures purs.

D'une manière générale, l'action des cathions se manifeste surtout sur les colloïdes électronégatifs, en diminuant leur ascension capillaire et, même, en la supprimant complètement, parfois avant toute floculation visible du colloïde et avant toute modification de sa couleur. Néanmoins, l'action des cathions sur les colloïdes positifs et surtout celles des cathions polyvalents est parfois aussi énergique : ainsi l'ion Th^{++++} renverse l'image capillaire des colloïdes colorés — le colloïde électronégatif est totalement floculé — tandis que le colloïde positif accuse une ascension égale à celle de l'eau distillée. Même tableau s'observe avec le Fe^{+++}. *L'action de certains cathions est tellement impressionnante que même en dilution de* M/1000000 *elle ne fait pas l'ombre d'un doute : c'est le cas du fer.* La présence de cet élément en concentration de $3^{mg},25$ pour 100 est bien décelable par l'analyse électrocapillaire; le rôle de cet élément dans le phénomène électrocapillaire est de toute importance. L'action de l'ion Fe^{+++} dépasse de beaucoup celle de l'ion Th^{++++}, ce qui constitue une exception à la règle de valences.

De ces exceptions nous en avons observé bien d'autres : parmi les cathions bivalents : Hg, Cu, Pb et U ont une action particulièrement énergique sur les colloïdes positifs et cette action dépasse parfois celle des ions trivalents, fer excepté. Nous avons déjà insisté au sujet de ces irrégularités et nous nous proposons d'y revenir encore ([1]).

Nous avons étudié tous les sels solubles de sodium.

2. *Anions.* — L'action des anions est inverse, d'une manière générale, à celle des cathions : dans ce cas la capillarisation des colloïdes électropositifs, déjà faible par elle-même, est totalement supprimée. Mais, dans ce cas également nous avons observé des exceptions à la règle des valences : certains ions ont une action particulièrement énergique. Parmi les anions bivalents, citons : *m*-vanadate et iodure; parmi les bivalents : chromate, bichromate, tellurate, séléniate, tungstate; parmi les trivalents, l'action de ferrocyanure est de beaucoup plus énergique que celle de phosphate ou de *o*-vanadate. Mais, étant donné que l'ascension électrocapillaire des colloïdes

([1]) W. Kopaczewski, *Arch. internat. Médecine. exper.*, 2, 1926, p. 381-413.

positifs est par elle-même déjà très faible, les différences que l'on a observées ne sont point aussi frappantes que dans le cas des cathions.

3. *Les ions.* — Cette action a été étudiée à part. Nous avons reconnu que les concentrations isomoléculaires de divers acides organiques et inorganiques n'ont point une action identique. Nous avons donc essayé de voir, si seul l'ion d'hydrogène possède dans le cas des acides une importance. Dans ce but nous avons additionné les colloïdes colorants de solutions-tampons de Mc Ilvaine, donnant une gamme de concentration en ions H^+ allant de 2,0 à 8,0 (¹). De ces expériences il résulte qu'à partir de $pH^+ = 4,4$ l'action de ces ions est très nette : le colloïde positif accuse alors une pénétration électrocapillaire aussi grande que les colloïdes négatifs dans le milieu aqueux; par contre le colloïde électronégatif est alors, dans ce milieu acide, totalement arrêté dans son ascension capillaire.

Après avoir préparé une série d'acides inorganiques et organiques en concentrations telles pour chacun d'eux que leur concentration finale en ions H^+ était toujours $pH^+ = 4,0$, nous avons pu nous convaincre que l'action des acides étudiés étaient loin d'être concordante : l'image de la pénétration électrocapillaire de nos colloïdes en présence des acides HCl et HNO^3 se superposait avec celle des solutions-tampons; mais, pour l'acide H^2SO^4 l'écart est déjà sensible; pour H^3PO^4. L'action est paradoxale : le colloïde positif est floculé et, naturellement, aucune pénétration capillaire n'a pu être constatée. Mêmes divergences se manifestent avec les acides organiques : l'action favorisant la pénétration des colloïdes positifs exercée par les acides formique et acétique est de beaucoup plus grande que celle de l'acide oxalique ou citrique.

Ces résultats démontrent que dans les actions des acides et des bases dans la pénétration électrocapillaire des colloïdes l'importance des ions H^+ n'est pas le seul facteur dominant, les anions jouent également un rôle, parfois aussi important.

Cette conclusion, que nous avons déjà formulée en 1912 à propos des actions catalytiques des ions H^+ (¹), vient d'être récemment corroborée par un travail de Hermann (²) concernant la floculation des colloïdes.

En résumé, les différents ions (anions ou cathions) permettent de renverser le sens de la pénétration électrocapillaire des colloïdes ou tout au moins, de

---

(¹) W. Kopaczewski, *Les ions d'hydrogène* (Paris, 1926; Gauthier-Villars, éditeur).

(²) E. Hermann, *Thèse de Lausanne*, 1926.

l'augmenter ou de l'affaiblir. L'action de certains ions — le fer en particulier — est tellement intense que l'introduction de cet ion en concentration M/1 000 000 *se manifeste déjà avec la plus grande netteté : le colloïde positif, dont la pénétration électrocapillaire est très faible, accuse alors une ascension dans le papier-filtre, égale à celle d'un colloïde négatif.*

Les anions agissent surtout sur la pénétration des colloïdes positifs et certains parmi eux possèdent une action particulièrement intense.

Les ions d'hydrogène possèdent une influence très énergique sur l'ascension électrocapillaire, mais cette action ne représente pas la totalité de l'action d'un acide : les anions interviennent parfois, à titre prépondérant.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la sensibilité quantitative des raies spectrales.* Note (¹) de M. **Tr. Negresco**, présentée par M. G. Urbain.

En étudiant des séries d'alliages binaires, dans lesquels la teneur de l'un des éléments diminuait progressivement, nous avons cherché quel effet a cette diminution sur la structure du spectre obtenu dans chaque cas.

Pour suivre ce phénomène, on a extrait des spectrogrammes les données correspondant à chacune des raies du métal considéré : *son intensité* dans le spectre du métal pur et sa *limite d'apparition*, c'est-à-dire la teneur de l'alliage le plus pauvre, dont le spectre présente encore cette raie.

Avec ces données on a dressé des tableaux, en rangeant les différentes raies les unes après les autres, suivant leur limites d'apparition, c'est-à-dire par ordre de « *sensibilité quantitative* » *décroissante*, pour employer le langage de M. de Gramont.

On a rapproché les résultats obtenus par l'observation des spectres *d'arc* de ceux qu'a donnés l'étude de l'étincelle *condensée*. On y a ajouté les observations faites sur les spectres *de flamme* et *d'étincelles oscillantes*.

De l'examen de ces tableaux, nous avons pu tirer les conclusions suivantes pour le cas des éléments étudiés (Ag, Cu, Mg, Zn, Cd, Hg, Al, C, Si, Pb, Sn, Bi, Mn, Co, Ni).

1° *L'ordre des raies, classées d'après leur sensibilité quantitative décroissante est le même que si on les classait par ordre d'intensité décroissante dans le spectre du métal pur*, aussi bien pour les spectres d'arc que pour les spectres d'étincelle.

(¹) Séance du 1er août 1927.

2° *Pour les spectres d'étincelle, la classification est indépendante de l'action que peut avoir la self-induction sur* les différentes raies. Elle ne dépend pas non plus de la présence ou de l'absence des différentes raies dans les spectres de flamme;

3° *Lorsqu'on passe de l'étincelle à l'arc, il faut supprimer les raies qui disparaissent sous l'action de la self-induction.*

Ces raies sont faibles dans les spectres d'arc obtenus avec le métal pur. Leur limite d'apparition est très élevée. Elles manquent dans les spectres de flamme (et notamment celui de l'enveloppe) obtenus par M. Ch. de Watteville. Ces raies sont émises par les atomes en différents degrés d'ionisation;

4° *La classification des autres raies reste la même pour l'arc et pour l'étincelle.*

Des mesures comparatives d'intensité, faites à l'aide d'un microphotomètre, révèlent de faibles variations dans l'ordre des intensités des raies, entre les spectres d'arc et les spectres d'étincelle. Ces variations restent cependant au-dessous de l'approximation avec laquelle on peut déterminer les sensibilités;

5° *La classification dont il s'agit plus haut est indépendante de l'alliage dans lequel se trouve engagé le métal étudié;*

6° *Cependant un même métal peut être plus sensible dans une série d'alliages que dans une autre.*

Ses raies sont alors plus intenses pour une même teneur des alliages des deux séries, et leurs limites d'apparition se trouvent abaissées.

7° *Les raies* qui figurent en tête de la classification (*les plus sensibles, sont toujours présentes dans les spectres de flamme et notamment dans l'enveloppe* où elles ont des intensités remarquables.

8° *Le réciproque de cette constatation n'est cependant pas toujours vrai :* il y a des raies qui figurent avec une intensité notable dans le spectre de l'enveloppe de la flamme (la raie 3261 du Cd) qui, malgré cela, sont faibles et relativement peu sensibles dans l'arc et l'étincelle.

On peut donc dire, en résumé, que : *lorsque la teneur d'un métal dans l'alliage qui sert de source d'émission diminue, l'intensité de toutes ses raies diminue progressivement et d'une façon continue jusqu'à disparition complète.*

Cette diminution se fait de la même manière pour toutes les raies d'un même métal, quelle que soit leur nature ou leur origine.

Interprété à la lumière des théories modernes sur la constitution de la matière, ce résultat nous montre que : *la diminution en proportion d'un*

élément dans la source de lumière se traduit par une diminution d'une même importance de la probabilité d'émission de toutes ses raies.

Cette observation, jointe aux remarques formulées ci-dessus, montre encore que :

La sensibilité d'une raie spectrale quelconque, dans une source d'émission donnée, dépend uniquement de son intensité dans le spectre du métal pur obtenu dans des conditions identiques.

En comparant les résultats obtenus avec différentes sources de lumière, on peut encore formuler la conclusion suivante :

La diminution de la quantité d'un élément dans une source d'émission ne se traduit pas sur les spectres de la même manière que l'abaissement du maximum d'énergie de cette source. — Pour l'étincelle, par exemple, cet abaissement serait produit par une augmentation de la self-induction du circuit de décharge. Son effet se manifeste alors par un affaiblissement *des raies de haut potentiel.* Cette action est indépendante de leur intensité dans le spectre primitif.

Par contre, la diminution de la quantité d'un élément entraîne l'affaiblissement de *toutes* ses raies. Cette action est indépendante du potentiel nécessité par leur excitation.

THERMOCHIMIE. — *Détermination de quelques constantes physiques d'huiles d'animaux marins.* Note (¹) de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai précédemment communiqué (²) les chaleurs de combustion de quelques huiles d'animaux marins; je rapporte dans la présente Note les conclusions qu'il me semble permis de tirer des recherches que j'ai continué à effectuer et qui ont porté sur 40 huiles différentes fournies par les trois grands groupes : Cétacés, Pinnipèdes, Poissons, ceux-ci représentés par 12 familles différentes.

Le tableau ci-après réunit quelques-uns des résultats les plus intéressants que j'ai obtenus.

Les chaleurs de combustion déterminées à volume constant et rapportées à 1^g de substance sont très variables, elles ont oscillé entre 8593^{cal} (huile de

(¹) Séance du 17 août 1927.
(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 604.

	Huiles.	Chaleurs de combustion.	Points d'inflammabilité.	Points de combustibilité.	Poids spécifique à 15°.	Fluidité en degrés Barbey. 25°.	56°.	100°.	Viscosité en degrés Engler. 25°.	56°.	100°.
CÉTACÉS.		cal : gr									
Balæna mysticetus, Lin	blonde	9249	230	265	0,9274	82,02	233,64	625,87	8,1	3,1	1,5
» Lin	brune	9204	210	255	0,9264	55,10	276,50	743,26	12,16	2,6	1,4
Pseudorca crassidens, Owen	"	8593	195	235	0,9234	169,87	485,64	1254,36	4,1	1,8	1,2
Ziphius cavirostris, Cuvier	"	10134	220	258	0,8721	182,36	433,36	991,46	3,9	1,9	1,3
PINNIPÈDES.											
Macrorhinus leoninus, (Lin.)	blonde	9219	267	315	0,9284	68,91	205,04	566,69	9,8	3,4	1,7
» (Lin.)	brune 1	9303	297	352	0,9210	68,92	208,64	553,00	9,8	3,4	1,7
» (Lin.)	brune 2	9282	264	328	0,9221	80,86	222,30	594,25	8,3	3,2	1,6
Phoca groenlandica, Fabric	blonde	9305	227	288	0,9262	84,16	247,72	662,22	7,9	2,9	1,5
» Fabric	brune	9195	221	285	0,9281	63,82	188,54	540,49	10,4	3,7	1,7
POISSONS.											
Mustelus vulgaris, Müll. et Henl	"	9845	312	347	0,9333	128,41	297,19	700,02	5,2	2,5	1,5
Galeus canis, Rondel	"	9441	300	338	0,9281	95,25	258,52	609,70	7,0	2,8	1,6
Hexanchus griseus, Rafin	blonde	9491	310	347	0,9138	65,29	223,58	592,50	10,2	3,2	1,6
» Rafin	brune	9476	215	235	0,8946	81,98	253,18	660,87	8,1	2,9	1,5
Squalus zygæna, Lin	"	9474	300	340	0,9318	101,31	258,51	595,15	6,6	2,8	1,6
Somniosus microcephalus, (Sch.) Goode et Bean.	brun clair	9600	252	315	0,9134	71,18	210,41	580,24	9,4	3,4	1,6
» (Sch.) Goode et Bean.	brune	9557	205	240	0,9154	62,56	199,32	579,97	10,7	3,5	1,6
Centrophorus calceus, Lowe	"	10335	220	257	0,8814	198,16	472,75	1082,63	3,5	1,8	1,2
» *granulosus*, Müll. et Henl	"	10790	234	260	0,8658	286,63	643,29	1402,42	2,6	1,5	1,1
» *squamosus*, Bonat	"	10404	237	273	0,8690	177,04	495,56	1081,89	4,0	1,8	1,2
Centrina vulpecula, Cuvier	"	9748	317	350	0,9024	76,69	210,27	528,63	8,6	3,4	1,7
Squatina angelus, Risso	"	9374	308	348	0,9354	109,06	283,02	643,50	6,1	2,6	1,5
Myliobatis aquila, C. Dumér	"	9324	250	332	0,9267	68,62	198,15	566,35	9,8	3,5	1,7
Orthagoriscus mola, Schneid	"	9090	190	250	0,9654	25,73	99,89	334,98	24,0	6,7	2,3
Gadus morrhua, Lin	claire oxydée	8697	210	244	0,9636	5,47	32,72	154,24	33,0	20,1	4,4
» Lin., pharm	blonde	9380	248	295	0,9263	101,60	267,16	642,66	6,7	2,7	1,5
» Lin., indust	noire	9091	175	225	0,9318	48,49	131,58	540,71	13,8	5,1	1,7
Clupea harengus, Lin., Norvège	blonde	9403	252	298	0,9254	87,73	250,34	661,09	7,7	2,9	1,5
» Lin., Norvège	brune	8806	210	230	0,9239	19,63	86,45	312,37	33,9	7,8	2,4
» Lin., Fécamp	brune	9384	218	246	0,9259	79,77	243,24	626,19	8,3	3,0	1,6

Pseudorca crassidens) et 10790^{cal} (huile de *Centrophorus granulosus*). En général, les huiles de poissons contenant du squalène ont été les seules à dégager le plus grand nombre de calories; cependant une exception doit être faite pour l'huile de *Ziphius cavirostris* (Cétacé) qui a fourni 10134^{cal} alors que les autres huiles de ce groupe ne dépassent pas 9250^{cal}. La cause de cette anomalie est à l'étude.

En outre, une autre observation importante au point de vue industriel a été faite : de deux huiles d'un même animal et de même provenance, l'huile la moins colorée possède un pouvoir calorifique nettement supérieur à celui de l'huile plus foncée, ce qui s'explique par la présence d'une moins grande quantité d'impuretés à pouvoir calorifique inférieur.

Les chaleurs de combustion semblent être d'autant plus élevées que le poids spécifique de l'huile est plus faible, c'est-à-dire que cette huile est sans doute plus riche en carbures.

Les points d'inflammabilité et de combustibilité présentent les mêmes différences que celles signalées pour les variations des chaleurs de combustion, en ce qui concerne la couleur des huiles.

La fluidité et la viscosité des huiles sont très variables, cela tient fort probablement à la fois à la nature même de l'huile et à son mode de préparation; des recherches sont effectuées pour étudier les causes de ces variations. Cependant, d'une façon générale, si l'on compare les résultats obtenus à ceux fournis par les huiles végétales, on constate que les huiles d'animaux marins sont, à température égale, plus visqueuses que les huiles végétales (exception faite toutefois pour les huiles à Squalène qui sont très fluides). Cette augmentation de viscosité s'atténue d'ailleurs très rapidement dès que l'on élève la température de l'huile.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la façon de se comporter de divers métaux dans l'électrolyse de l'eau par le courant alternatif.* Note (¹) de M. **A.-P. Rollet**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Communication (²) antérieure, j'ai montré, en collaboration avec M. Hackspill, que, dans l'électrolyse avec courant alternatif du système argent-soude-argent, le dégagement gazeux (mélange tonnant

(¹) Séance du 7 août 1927.

(²) *Bulletin de la Société chimique de France*, 37, 1925, p. 692.

dans les proportions de l'eau) ne se produisait qu'au-dessus d'une densité de courant donnée, dépendant de l'état de la surface du métal, de la température et de la pression.

Récemment [1] des auteurs américains sont arrivés aux mêmes conclusions; ils nomment densité de courant critique cette densité de courant pour laquelle les gaz apparaissent.

J'ai poursuivi l'étude de l'apparition du dégagement gazeux. Voici quelques résultats. Pour en faciliter l'exposé je donne succinctement quelques détails expérimentaux.

Le courant électrique utilisé est un courant sinusoïdal de fréquence 50. Les mesures sont faites en observant la surface des électrodes sous un certain grossissement et en notant l'intensité du courant au moment de l'apparition des bulles gazeuses. L'électrode est polie au voisinage du poli spéculaire et vernie de façon à ne laisser libre que la face antérieure. Tant que le métal est poli on retrouve des chiffres identiques, mais au fur et à mesure que le courant passe, l'électrode se recouvre de métal réduit, et le chiffre exprimant la densité de courant critique croît plus ou moins vite suivant le métal employé. Toutes les mesures ont été faites dans les premiers temps du passage du courant, quand le métal possède encore le poli spéculaire.

I. J'ai pu constater que la densité de courant pour laquelle le dégagement gazeux apparaît ne dépend pas de la force électromotrice alternative. En d'autres termes, quelle que soit la différence de potentiel alternative appliquée aux bornes de la cuve, il faut réaliser une densité de courant égale à la densité critique pour faire apparaître les premières bulles de gaz.

En cherchant à faire baisser le plus possible la différence de potentiel tout en maintenant le dégagement gazeux (la densité de courant étant supérieure à sa valeur critique) j'ai constaté qu'il n'y avait pas formation de bulles gazeuses en dessous d'une certaine différence de potentiel alternative. La valeur maximum de la sinusoïde, tension en fonction du temps, donne alors sensiblement ce que l'on appelle le voltage minimum d'électrolyse en courant continu. Par exemple, avec le platine poli, si les deux électrodes sont d'égale grandeur, il faut une force électromotrice d'au moins 1,70 volt maximum, pour avoir formation de bulles. Avec des électrodes de surfaces différentes le chiffre peut s'abaisser jusqu'à 1,10 volt maximum.

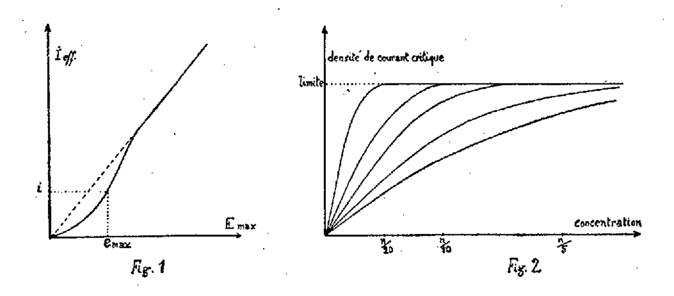
La variation de l'intensité en fonction de la différence de potentiel alter-

---

(1) J. W. Shipley et Goodeve, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 51, 1927, p. 24.

native aux bornes de la cuve se traduit par une droite passant par l'origine. Dans certains cas (électrodes de moins de 1^{mm^2} de surface) il se produit une sorte de dépression au début de la droite (*fig.* 1) de telle sorte que pour la différence de potentiel minimum d'électrolyse e, l'intensité i donne bien une densité de courant inférieure ou au plus égale à la densité critique; de cette façon aucun dégagement n'a lieu en dessous de e.

II. En étudiant l'influence de la concentration, j'ai pu constater le fait suivant : Pour une surface donnée d'électrode, la densité de courant caractérisant l'apparition des bulles de gaz croît jusqu'à une valeur limite pendant que croît la concentration. Cette valeur limite est très rapidement atteinte avec des petites électrodes, plus lentement avec des électrodes de grande surface (*fig.* 2).



Sans m'attarder sur ce phénomène qui fera l'objet d'une Communication ultérieure, je signale ce fait intéressant de l'existence d'une limite constante, pour un métal et un électrolyte donné, quelle que soit la concentration de ce dernier, tout au moins entre $\frac{n}{20}$ et $2n$ comme j'ai pu le constater.

Voici, exprimées en milliampères efficaces par centimètre carré de métal poli, les valeurs des limites pour différents métaux.

Température : 20°. Fréquence du courant alternatif : 50.

	Co.	Au.	Ni.	Pt.	Fe.	Cu.	Ag.	Pb.
Électrolyte KOH......	173	212	260	355	480	515	605	670
Électrolyte SO^4H^2.....	-	107	-	198	-	-	-	-

Ces chiffres caractérisent en quelque sorte chez chaque métal sa capacité de recombinaison des produits de l'électrolyse; cette capacité variant d'ailleurs avec la nature de l'électrolyte. Dans le cas de la potasse, le cobalt est le métal qui dégage le plus facilement les gaz et le plomb celui qui recom-

bine le mieux l'oxygène et l'hydrogène qui se forment successivement à chaque alternance du courant.

Chaque métal se trouvant ainsi caractérisé par un chiffre, il m'a paru intéressant d'examiner la façon de se comporter des alliages.

Cette étude est en train.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'acide oxalique sur quelques sels solubles de plomb*. Note (¹) de Mme **N. Demassieux**, présentée par M. G. Urbain.

Quand on fait agir l'acide oxalique sur une solution de chlorure de plomb, il se fait un précipité blanc de chlorooxalate de plomb pour les quantités théoriques des deux réactifs. Ce composé $(Pb^2C^2O^4)Cl^2$ se transforme facilement en oxalate de plomb par addition d'acide oxalique et quand la solu-

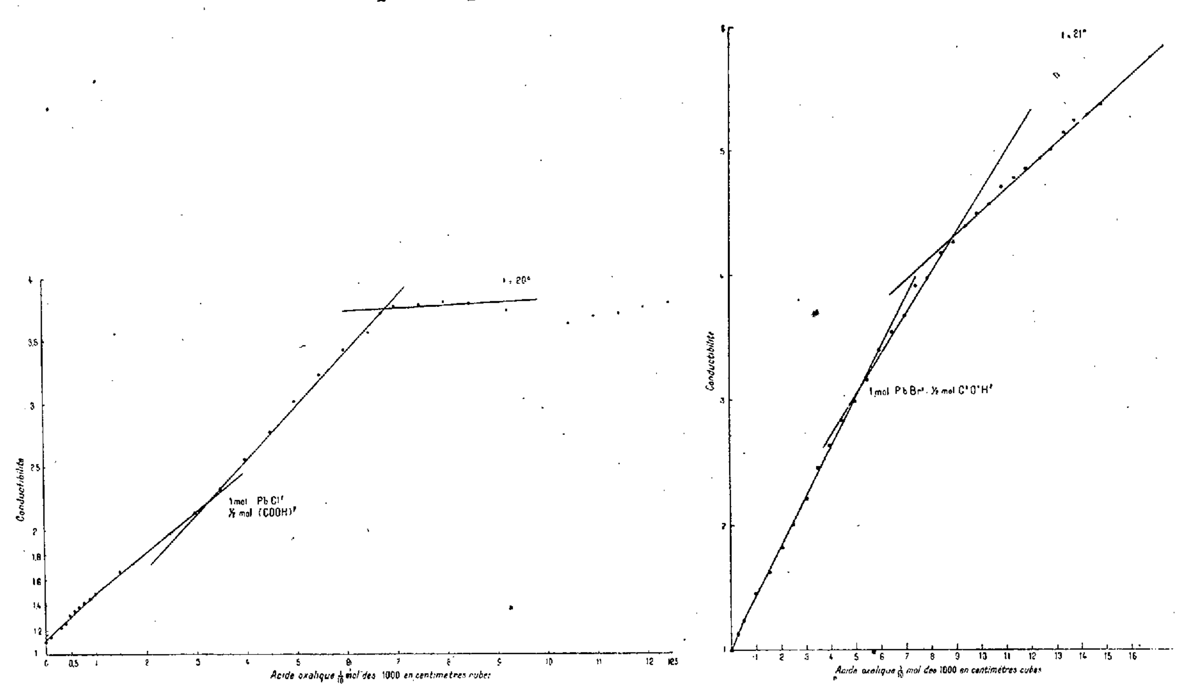


Fig. 1. — 25^{cm^3} Pb Cl^2 contenant $\frac{1}{40}$ molécule dans 1000, acide oxalique contenant $\frac{1}{10}$ molécule dans 1000.

Fig. 2. — 50^{cm^3} bromure de plomb $\frac{1}{50}$ molécule dans 1000 et acide oxalique $\frac{1}{10}$ molécule dans 1000.

tion contient une molécule environ d'acide oxalique pour une molécule de chlorure de plomb, cette transformation est totale.

(¹) Séance du 8 août 1927.

Pour étudier cette réaction nous avons utilisé la méthode des conductibilités électriques. La courbe est obtenue en portant en abscisses les quantités d'acide oxalique en centimètres cubes et en ordonnées les conductibilités.

On remarque deux changements de direction : le premier correspond à la formation de chlorooxalate, le deuxième indique la transformation du chlorooxalate en oxalate de plomb.

Ces indications de courbe ont été vérifiées par les analyses des précipités.

Le bromure de plomb dans les mêmes conditions forme un bromooxalate de plomb $(Pb^2C^2O^4)Br^2$, comme l'indique la courbe correspondante.

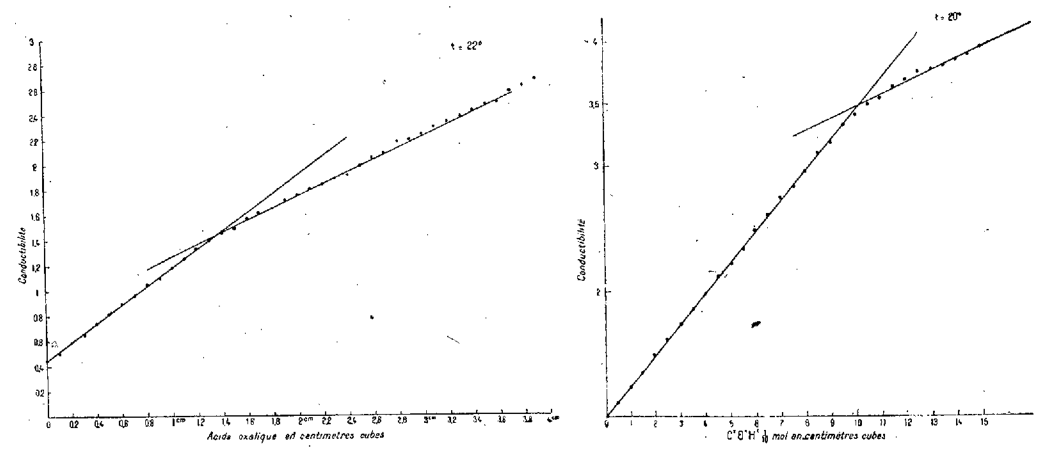


Fig. 3. — 100^{cm^3} de Pb L^2 à $\frac{1}{800}$ molécule par litre, acide oxalique à $\frac{1}{10}$ molécule par litre.

Fig. 4. — Nitrate de plomb, 50^{cm^3} $(NO^3)^2Pb$ à $\frac{1}{50}$ molécule par litre, $C^2O^4H^2$ à $\frac{1}{10}$ molécule par litre.

La composition du bromo et du chlorooxalate de plomb est analogue à celle du chloro et bromocarbonate connu.

L'iodure et l'oxalate de plomb semblent s'écarter des exemples précédents. Les courbes de conductibilité n'enregistrent qu'un seul changement de direction correspondant à la formation de l'oxalate de plomb. Les analyses des précipités confirment ces résultats.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'hydrogène sur les sels d'étain à températures et pressions élevées*. Note [1] de MM. **W. Ipatieff** et **W. Niklaeff**, présentée par M. C. Matignon.

Comme les sels d'étain sont facilement hydrolysables, les premiers essais ont porté sur l'hydrate stannique $Sn(OH)^4$ fraîchement précipité et lavé. A 300°, sous 38^atm de pression en hydrogène, on a obtenu, après 3 heures, une réduction d'oxyde stannique à l'état stanneux; à température plus élevée, 350° et 50^atm, la réduction est allée jusqu'à l'étain métallique.

La solution de sulfate stannique (302°, 162^atm, 4 heures) fournit successivement du sulfate stanneux qui reste en solution et du sulfure stanneux qui cristallise en belles aiguilles noires $d_{15}^{15} = 5.4$.

$$(SO^4)^2Sn + H^2 = SO^4Sn + SO^4H^2,$$
$$SO^4Sn + SO^4H^2 + 8H^2 = SnS + H^2S + 8H^2O.$$

Une faible augmentation de la température 310° provoque la dissociation de l'hydrogène sulfuré avec formation d'un polysulfure d'étain.

$$n H^2S = n H^2 + n S,$$
$$SnS + nS = SnS^{n+1}.$$

Le produit lavé au sulfure de carbone répond à la formule SnS^{10}. A 320°, sous la pression en hydrogène de 120^atm, il se forme un gel d'acide α-métastannique,

$$Sn(OH)^2 + H^2O = SnO^3H^2 + H^2.$$

En élevant encore la température et la pression, on obtient de l'étain métallique avec un peu d'acide métastannique et du sulfure d'étain.

En milieu sulfurique, les actions réductrices sont retardées; de même en remplaçant l'acide sulfurique par un sulfate tel que le sulfate de cuivre. Avec ce dernier sel (340°, 246^atm, 2 heures), on obtient des cristaux incolores de sulfate stanneux $SnSO^3$ et des cristaux de sulfure de cuivre CuS.

L'action de l'hydrogène sur les solutions de chlorure stannique produit d'abord un mélange de chlorure stanneux et d'oxyde stanneux (270°, 110^atm, 3,5 heures). En augmentant la température jusqu'à 280-300°, on obtient l'oxyde stannique sous forme de masses blanches, mal cristallisées, $d_{16}^{16} = 675$,

---

[1] Séance du 17 août 1927.

ou bien en opérant dans un récipient en argent, en cristaux jaunâtres, contenant à l'état occlus moins de 1 pour 100 d'argent métallique et d'aspect tout à fait identique à celui du minerai d'étain.

Enfin à partir de 280° on peut pousser la réduction jusqu'à l'étain, mais cette réduction est limitée par l'action de l'eau.

L'addition d'un excès d'anion introduit sous forme d'un autre chlorure influence la réaction. Les deux chlorures stannique et d'argent chauffés vers 380° (260^{atm}, 4 heures) donnent de très petites quantités d'étain à côté d'argent métallique, mais la majeure partie du chlorure d'étain est éliminée sous forme de chlorure basique d'étain $Sn\langle^{OH}_{Cl}$ en cristaux contenant l'étain métallique à l'état occlus, tandis que le chlorure d'argent se transforme en cristaux. Ces cristaux de chlorure d'argent sont insensibles à l'état de la lumière [1].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le déplacement réciproque du sodium et du potassium de leurs chlorures*. Note [2] de MM. **L. Hackspill** et **E. Rinck**, transmise par M. H. Le Chatelier.

L'équilibre $KCl + Na \rightleftharpoons NaCl + K - 7^{cal},8$ a été étudié d'une manière indirecte par MM. Jellineck et Tomoff [3] qui ont tourné la difficulté expérimentale en faisant réagir un alliage peu oxydable et très dense de plomb et de sodium sur le chlorure de potassium. La température était supérieure à 800° de sorte que les deux phases (1° chlorures; 2° alliage Pb — K — Na) étaient liquides. Une agitation mécanique assurait le renouvellement des surfaces de contact tout en laissant l'alliage à l'abri de l'air. Les auteurs ont admis que dans ces conditions la loi d'action de masse était applicable comme s'il s'agissait d'une réaction en milieu homogène.

La moyenne de trois expériences leur a fourni la constante

$$C = \frac{[KCl][Na]}{[NaCl][K]} = 12,2 \text{ à } 800°.$$

Nous ignorions cette étude lorsque nous avons entrepris nos recherches qui, du reste, ne font pas double emploi avec les précédentes.

---

(1) Les détails seront donnés dans un Mémoire inséré dans un autre Recueil.

(2) Séance du 8 août 1927.

(3) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, **111**, 1923, p. 234.

Nous avons en effet mis directement en présence soit du sodium et du chlorure de potassium, soit du potassium et du chlorure de sodium en proportions extrêmement variables sans aucun intermédiaire ou dissolvant.

Notre appareil consiste en un tube scellé en fer chauffé électriquement à 900° ± 10 et en même temps animé d'un rapide mouvement de va-et-vient produit par un moteur (280 secousses à la minute). Quelques minutes suffisent pour atteindre l'équilibre mais pour plus de sécurité, tous les essais ont été effectués en chauffant une demi-heure le tube placé horizontalement pour augmenter la surface de contact, et en laissant reposer un temps égal dans la position verticale pour assurer la séparation des deux phases avant leur solidification.

Les analyses ont toujours été faites en double par les méthodes usuelles. Le fer n'intervient pas dans la réaction. Voici les résultats obtenus :

État initial. Poids en gr. des substances mises en présence.				*État final* (équilibre à 900°). Substances pour 100 dans chaque phase.				
K.	Na.	KCl.	NaCl.	K.	Na.	KCl.	NaCl.	Constante C.
″	25	6	″	10,5	89,5	51,8	48,2	12,2
″	21	7	″	14,4	85,6	58	42	11
″	20	8	″	15,1	84,9	57,1	42,9	9,9
″	16	8	″	16,1	83,9	61,2	38,8	11
″	15	10	″	19,4	80,6	65,8	34,2	10,6
″	11	15	″	21,5	78,5	72,2	27,8	12,6
″	10	16	″	23	77	73,5	26,5	12,3
″	10	20	″	27	79	75,9	24,1	11,3
″	8	24	″	36,4	63,6	81,2	18,8	10,0
″	7,5	30	″	40,1	59,9	83,5	16,5	10,1
″	6	36	″	46,3	53,7	85,4	14,6	9,1
″	4	40	″	52	48	91,1	8,9	12,6
10	″	″	11	51,7	48,3	90,8	9,2	12,2
15	″	″	10	74,2	25,8	95,5	4,5	9,8
15	″	″	7	84,8	15,2	98,0	2	12
18	″	″	6	96,2	3,8	99,3	0,7	7,5

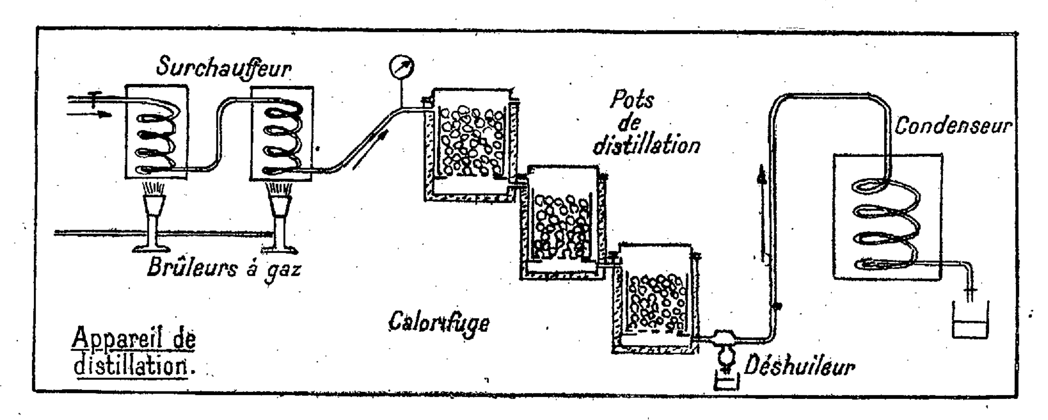
Malgré des écarts assez importants on doit admettre avec Jellineck et Tomoff que C est une constante qui d'après nos expériences est voisine de 11 à 900°. Les écarts s'expliquent du reste, soit par une disproportion trop grande entre le volume des deux phases, soit par une rétrogradation au moment du refroidissement.

Bien que nous n'ayons pas encore déterminé avec précision la constante

d'équilibre à une température inférieure à 900°, nous pouvons déjà affirmer qu'elle augmente lorsque la température s'abaisse. Deux expériences faites à 800° nous ont fourni des nombres voisins de 14 et de 16, ce que l'on pouvait prévoir d'après les données thermiques.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Distillation à basse température de houilles à longue flamme agglomérées par un goudron ou une huile de houille.* Note de M. **André Léauté**, présentée par M. G. Charpy.

Les houilles ayant 26 pour 100 ou plus de volatils, lorsqu'elles sont distillées au voisinage de 600° C., donnent en général un produit boursouflé où tous les morceaux sont pris en masse. M. Charpy a montré, en 1917, que cet inconvénient pouvait être évité en faisant croître la température en fonction du temps selon une loi appropriée ou en opérant des mélanges; récemment, M. Audibert a repris cette étude d'une façon approfondie.



Nous nous sommes proposé d'examiner le cas, important dans la pratique, où l'on soumet à la distillation, non plus le charbon seul, mais des agglomérés dans lesquels un goudron ou une huile de houille cimente les particules de charbon et est distillé en même temps qu'elles. Notre but a été de rechercher si, par un choix convenable du liant, on éviterait le boursouflement et la prise en masse des charbons à longue flamme sans les mélanger à des maigres et sans opérer un réglage délicat de la vitesse de chauffage. Il importait en outre de déterminer si le liant pourrait être récupéré par la distillation.

Pour accroître l'influence du liant, nous avons opéré sur des agglomérés

qui contenaient environ 25 pour 100 de liant (en poids) incorporé sous l'eau par le procédé Trent ([1]). La distillation était réalisée au moyen d'un courant de vapeur surchauffée, avec addition dans certains cas de chauffage externe. La figure fait voir le dispositif expérimental; chaque benne contenait une trentaine d'ovoïdes de 30g chacun. Dans le condenseur, la circulation d'eau était assez forte pour qu'on ne laissât échapper que les gaz non condensables au voisinage de la température ambiante.

Dans ce dispositif, la température est variable d'un point à l'autre et d'un moment à l'autre; ses variations au cours de chaque essai étaient notées sous forme de courbes donnant en fonction du temps les températures à l'entrée et à la sortie. On mesurait en outre, avant et après la distillation, la composition chimique des charges, leur poids et leur densité, le débit de vapeur, le poids et la nature des huiles condensées, la dureté des produits obtenus ([2]).

Résultats.

I. — *Liant : goudron.*

Numéro d'ordre de l'essai.	État du résidu solide.	Liant incorporé au charbon (pour 100).	Huile lourde récupérée (pour 100).	Perte de poids à la distillation.
9.	assez bien conservés (sauf dans le cylindre à 500°)	20,5	13,8	23,25
11.	boursouflés et pris en masse	20,5	20	32,26
19.	»	19,5	16	28,8
17.	»	26,2	10,6	21,15

II. — *Liant : $\frac{1}{3}$ goudron + $\frac{2}{3}$ huile anthracénique.*

2.	déformés et collés	21,69	18,65	27,70
20.	déformés et craquelés	20,6	17,6	29,5

III. — *Liant : huile anthracénique.*

15.	assez bien conservés	23,3	19,8	35
22.	bien conservés très durs	26	23	40,09
23.	»	26	23,15	43,35
24.	»	26	23,3	36,9
25.	en général bien conservés, très durs	21,5	20,4	37,1
26.	»	21,5	20,28	30,77
29.	bien conservés, durs	16,5	12,46	27,22
30.	»	»	23,15	25,37
31.	bien conservés, fragiles	»	21,6	31
16.	bien conservés, très durs	23,3	13,40	27,03

([1]) Mellon Institutes, *Technochemical Series*, 1922, p. 629.

([2]) Ces renseignements ont été consignés dans des tableaux qui seront publiés dans un autre Recueil.

La conclusion la plus importante, c'est que l'on a évité le boursouflement et la prise en masse du résidu solide en employant un liant, l'huile anthracénique, qui a une teneur en brai minime tout en conservant des propriétés agglomérantes suffisantes. Le résidu solide est analogue à un anthracite et peut être utilisé comme tel. Sa transformation en coke sera examinée ultérieurement.

Quand la perte de poids en pour cent de la charge (dernière colonne des tableaux) avoisinait ou dépassait 30, la différence entre le poids du liant utilisé et l'huile lourde récupérée, restait comprise entre 0 et 3 pour 100 du poids total de la charge. En outre, des huiles moyennes et légères étaient recueillies sous forme d'émulsion, dont la teneur quand elle a été mesurée, a été de 2 à 3 pour 100. Enfin, les gaz (mesurés par différence) croissaient assez régulièrement de 2 à 15 pour 100 environ du poids total de la charge, quand la perte totale de poids variait de 25 à 43 pour 100 : ils provenaient à la fois du charbon et du liant; au delà de 35 pour 100, la perte de poids ne se traduisait plus que par un supplément de gaz.

La méthode donne le moyen d'obtenir un résidu solide très dur et compact, une quantité d'huile sensiblement égale à celle du liant employé et une quantité de gaz variant de 2 à 15 pour 100 suivant que la distillation est plus ou moins poussée.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau gisement de roches intrusives sodiques en Portugal.* Note [1] de M. **Pereira de Sousa**.

La région de Vila Boim-Elvas-Campo Maior, près de la frontière du Portugal et de l'Espagne, présente un grand développement de différentes roches éruptives.

Quelques-unes d'entre elles, surtout du côté Elvas-Campo-Maior, ont été décrites par Sousa-Brandão [2]; elles sont calco-alcalines (diorites quartzifères, odinites, etc.). Toutefois, il faut remarquer que près de Campo Maior, à Cevadães, se trouve aussi le célèbre gneiss alcalin à riebeckite-osannite, étudié par Rosenbusch.

---

[1] Séance du 1er août 1927.

[2] *Contribuições para a petrographia de Portugal, III. Descripção de rochas eruptivas do Alemtejo* (*Comunicações da Comissão do Serviço Geologico de Portugal*, **9**, 1912, 1913, p. 77).

Je viens de découvrir dans cette région, du côté de Villa Boim, des roches sodiques, d'un type peu commun; elles sont comparables à celles d'Alter Pedroso (¹). Comme celles-ci, toutes présentent la structure cataclastique, due à des actions mécaniques. J'ai observé les types suivants :

1° *Granite alcalin :* l'orthose sodique, le microcline et l'albite dans les plages sont à fines macles, bordées d'une zone à bandes plus larges. Il existe de la magnétite, tenant la place d'un métasilicate disparu.

2° *Syénite quartzifère* passant à *diorite oligoclasique quartzifère.* — Le feldspath de cette roche à faciès syénitique est l'oligoclase-albite avec très fines bandes de la macle de l'albite, associée à la macle de la péricline, également fine; il existe accompagné d'un peu de microcline et d'albite. Cette roche renferme une amphibole vert bleuâtre pâle, qui paraît secondaire; dans les intervalles des feldspaths se voient des pseudomorphoses en magnétite et sphène d'un minéral disparu.

3° *Syénite quartzifère à riebeckite.* — Comme dans la roche précédente, il existe un peu de quartz; les feldspaths sont l'orthose sodique, le microcline se transformant en albite; les minéraux colorés sont la riebeckite, accompagnée d'un peu d'ænigmatite et d'ægyrine.

4° *Syénite quartzifère à ægyrine.* — Roche analogue à la précédente, mais la riebeckite est remplacée par l'ægyrine.

5° *Syénite à ægyrine.* — Les feldspaths (orthose sodique, microcline et albite) sont un peu aplatis et enchevêtrés, l'ægyrine et la riebeckite sont abondants; les feldspaths renferment çà et là des inclusions de biotite.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Raoult.

Les roches 1, 3, 4 et 5 affleurent entre Elvas et Vila Boim, la roche 2 plus à NW, près de Monforte.

Si l'on compare ces roches avec celles d'Alter Pedroso, l'on constate qu'elles sont en moyenne plus riches en minéraux colorés, mais elles ne renferment pas les types mésocrates (lusitanite) ou holomélanocrates (pédrosite) dont l'association à des types nettement leucocrates est caractéristique du gisement d'Alter Pedroso.

Les syénites de Vila Boim sont, en général, plus quartzifères que celles d'Alter Pedroso et elles aboutissent à un granite alcalin n'existant pas dans ce dernier gisement.

(¹) A. Lacroix, *Les syénites à riebeckite d'Alter Pedroso (Portugal), leurs formes mésocrates (lusitanites) et leur transformation en leptynites et en gneiss* (*Comptes rendus*, **163**, 1916, p. 279).

1. *Granite alcalin*............ I(II).4.1.'5
2. *Syénite quartzifère*......... II.(4)5.'2.5
3. » » .... à riebeckite 'II.'5.1.4
4. » » .... à ægyrine II.'5.1.4
5. *Syénite*.................... à ægyrine II.5.1.4

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2	66,96	65,18	62,04	61,16	58,32
Al^2O^3	15,74	14,21	14,15	13,86	14,37
Fe^2O^3	4,03	1,39	4,26	4,16	4,60
FeO	3,46	2,63	6,30	7,71	5,99
MnO	0,05	0,07	0,16	0,25	0,34
MgO	traces	3,70	traces	0,11	0,31
C^2O	0,42	3,98	1,22	1,68	3,50
Na^2O	7,14	7,02	6,02	6,75	7,17
K^2O	1,03	0,44	4,03	2,64	2,69
TiO^2	0,60	0,44	0,58	0,46	1,10
P^2O^5	0,15	0,22	0,21	0,15	0,33
$H^2O(+)$	0,31	0,52	0,95	0,85	0,89
$H^2O(-)$	0,34	0,22	0,33	0,30	0,35
CO^2	»	»	»	»	»
Cl	»	»	»	»	»
S	»	»	»	»	»
SO^3	»	»	»	»	»
	100,23	100,02	100,25	100,08	99,96

SISMOLOGIE. — *Sur la détermination expérimentale du grandissement dynamique des séismographes à la plate-forme.* Note [1] de M. **J. Lacoste.**

A l'aide d'une plate-forme à laquelle on peut communiquer des mouvements harmoniques, il est possible de vérifier si les séismographes, dans les conditions normales, reproduisent fidèlement les mêmes mouvements *avec un grandissement conforme aux prévisions théoriques.*

On sait que les séismographes utilisés doivent être pourvus d'amortisseurs et la théorie suppose que la résistance opposée aux mouvements pendulaires est *rigoureusement proportionnelle à la vitesse angulaire du pendule, ce qui est traduit par l'équation*

$$\theta'' + 2\varepsilon\theta' + n^2\theta + \frac{x''}{l} = 0,$$

---

[1] Séance du 8 août 1927.

ε étant une constante appelée coefficient d'amortissement. On avait déjà indiqué [1] que le grandissement dynamique réel, aux grandes périodes, paraissait *plus élevé que ne l'indique la théorie*; mais dans ce premier travail on n'avait pas dépassé la période 15 secondes.

Il était intéressant de voir si cette anomalie s'exagérait pour de plus longues périodes.

Les nouveaux essais ont porté en particulier sur l'appareil Galitzine, à amortissement électromagnétique et à inscription photographique galvanométrique. De nombreuses expériences ont montré que, si le pendule et le galvanomètre sont dans les conditions ordinairement utilisées, on trouve, entre le *grandissemene réel* G_r *et le grandissement calculé d'après les constantes* G_c, *les rapports suivants :*

T........	10.	12.	14.	16.	18.	20.	25.	30.	35.	40.
$\frac{G_r}{G_c}$....	1,1	1,14	1,19	1,31	1,4	1,47	1,70	1,92	2,2	2,5

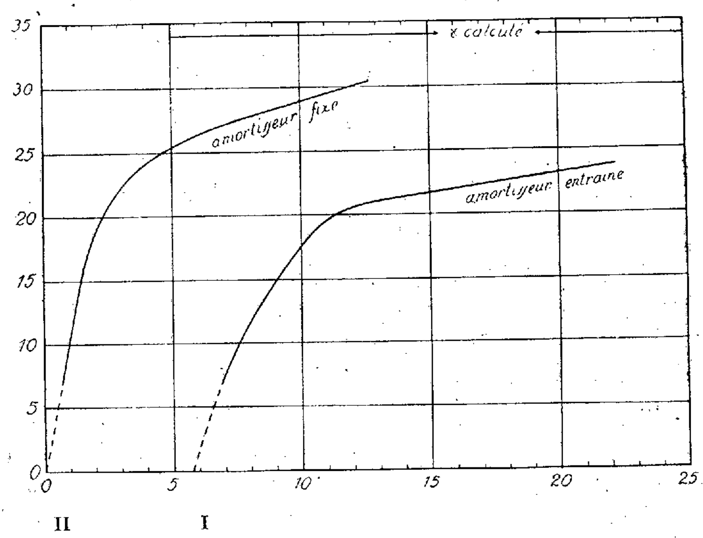
Cette divergence entre la théorie et la réalité ne peut être attribuée en totalité au galvanomètre; d'autres essais avec des appareils à inscription photographique directe ont donné de semblables résultats. On pouvait donc supposer qu'elle est due au mode d'amortissement électromagnétique du pendule. Pour m'en rendre compte je l'ai remplacé par un amortisseur à liquides. Les essais ont été faits à la température même de la prise des constantes. *Ce nouveau dispositif a montré les mêmes divergences.*

Il y a donc lieu de supposer que le coefficient d'amortissement ε, *considéré dans la théorie comme constant*, est une *fonction de la vitesse*. Utilisant le grandissement réel obtenu aux différentes périodes, on peut calculer ce que doit être ce coefficient ε *pour admettre la formule théorique*. On trouve ainsi que ε *décroît rapidement avec la vitesse calculable des lames d'amortissement* (courbe I de la figure). J'ai été surpris de voir que ε tend vers zéro pour des vitesses non nulles. Dans la construction de cette courbe les vitesses des lames avaient été calculées sans tenir compte de l'entraînement de l'amortisseur lui-même par la plate-forme en mouvement. En rendant l'amortisseur à liquide indépendant de la plate-forme, j'ai obtenu les résultats suivants :

[1] E. Rothé et J. Lacoste, *Essais de séismographes à la plate-forme* (*Publications du Bureau Central Séismologique International*, série A, 1924, p. 60 à 72).

T.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	25.	30.	35.	40.
Amortisseur fixe $\frac{G_r}{G_c}$	1,010	1,063	1,102	1,142	1,200	1,244	1,345	1,500	1,666	1,727
Amortisseur entrainé $\frac{G_r}{G_c}$ ...	1,114	1,150	1,235	1,313	1,428	1,553	1,720	1,989	2,259	2,638

on voit qu'avec un amortisseur fixe on se rapproche davantage des conditions théoriques; malheureusement, un pareil dispositif ne peut être utilisé dans le cas des tremblements de terre.



En abscisses : vitesses en $\frac{1}{100}$ de millimètre. En ordonnées : $\varepsilon \times 100$.

Toutefois il reste encore entre le grandissement réel et le grandissement théorique la divergence que l'on peut attribuer à la variation de ε. Si l'on porte encore une fois les vitesses en abscisses et les ε en ordonnées (courbe II de la figure), on voit cette fois que le *coefficient d'amortissement* part de o pour des vitesses nulles, croît rapidement avec les vitesses et se rapproche de ε calculé au moyen des constantes prises l'amortisseur au repos; il doit même l'égaler ou le dépasser aux vitesses supérieures à celles qui ont été utilisées dans la prise des constantes. Je me propose de vérifier cette hypothèse en utilisant un dispositif qui me permettra d'opérer aux périodes plus petites.

Les résultats précédents ont été obtenus en donnant à la plate-forme une double amplitude de $0^{mm},314$; d'autres essais ont été effectués à des amplitudes différentes et ont permis les mêmes constatations.

Ces conclusions ont une importance non seulement au point de vue séismologique, mais aussi au point de vue physique.

On sait que, dans les calculs séismologiques, le coefficient d'amortissement est lié au coefficient de frottement k par la relation $2\varepsilon = \frac{k}{\varepsilon m r^2}$ ($\varepsilon m r^2 =$ mouvement d'inertie du pendule). Par la détermination expérimentale de ε on peut obtenir les valeurs de k et trouver ainsi *le coefficient de frottement soit magnétique, soit par les liquides, correspondant à des vitesses qui, d'abord de l'ordre du micron, atteignent ensuite le millimètre par seconde.*

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une périodicité et une symétrie de la courbe des pluies à Alger. Application à la prévision des périodes sèches et pluvieuses en Algérie.* Note de M. **L. Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

I. Les totaux annuels des chutes de pluie à Alger sont connus depuis l'année 1838. L'étude du diagramme qui représente ces quantités, en fonction du temps, a été faite après avoir préalablement rapporté à une même moyenne (736^{mm}) les lectures pluviométriques obtenues entre le 1er janvier et le 31 décembre de chaque année, en divers points d'Alger.

L'application de la méthode de Clayton (¹) à la recherche de périodicités cachées nous a conduit en premier lieu à reconnaître, dans la courbe des pluies, l'existence de deux ondes sinusoïdales ayant des périodes respectives de 35 et 15 ans.

En second lieu, le diagramme des précipitations, transformé à l'aide du procédé graphique habituel en une courbe réduite, nous a montré que la courbe présente un point de symétrie simple en 1903, c'est-à-dire qu'elle est symétrique par rapport à un axe vertical passant par le point d'abscisse 1903.

La théorie des points de symétrie (²) exige qu'en ce point les ondes partielles passent par un maximum ou un minimum. La composition d'ondes de 35 et 15 ans, en opposition en 1903 et possédant, de part et d'autre de la moyenne (736^{mm}) des amplitudes respectives de 30^{mm} et de 20^{mm} conduit bien, en effet, à une courbe résultante montrant la même symétrie que la courbe réduite, et s'enlaçant d'ailleurs étroitement avec cette dernière. Les pointes du diagramme des précipitations qui correspondent aux années très

(¹) H. Helm Clayton, *Monthly Weather Review*, 35, 1907, p. 161-167, Washington.
(²) L. Weickmann, *Wellen im Luftmeer*, 1924, p. 5-46, Leipzig.

sèches et très pluvieuses alternent suivant une périodicité d'environ 6 ans, avec une amplitude de 200 à 300^{mm} de part et d'autre de la courbe réduite. La période de celle-ci peut être considérée comme égale à celle de la courbe qui résulte de la composition des ondes de 15 et de 35 ans; or cette période est de 105 ans (quotient du produit des périodes partielles par leur plus grand commun diviseur). Il en résulte que, tous les 105 ans environ, les précipitations doivent avoir le même degré d'intensité à Alger.

II. Par suite de la symétrie présentée par la courbe réduite, on peut, dès à présent, annoncer le caractère du temps en Algérie pour les années 1928 et postérieures. Il suffit de se reporter à la partie de la courbe antérieure à l'année 1878 (symétrique de 1928 par rapport à 1903).

Les quantités annuelles de pluie tombées en Algérie vont en décroissant dans l'ensemble depuis 1918. Or la courbe montre que cette décroissance va s'arrêter : ainsi, l'année 1928, tout en étant encore une année sèche, sera déjà moins sèche que ne l'a été 1926. La moyenne des précipitations se relèvera jusque vers 1935. A partir de cette époque, elle diminuera constamment et atteindra son minimum le plus aigu entre 1940 et 1945, période correspondant à celle de la grande disette de 1866. Les chutes de pluie redeviendront ensuite de plus en plus abondantes jusqu'en 1950-55. A ce moment, un fléchissement se produira pendant un laps de temps d'environ cinq années, puis les quantités de pluie seront de nouveau excessives de 1960 à 1965. Elles iront ensuite en décroissant fortement jusque vers 1970-75, période d'années très sèches comparables à celles du groupe 1940-45.

Il faut observer que ces indications se rapportent uniquement au caractère d'un *groupe* d'années et non à la prévision de la pluie pour une année particulière.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du processus nutritif de l'oosphère des Abiétinées.* Note de M. **Cam. De Bruyne.**

Les traités généraux de Botanique, résumant les résultats des recherches les plus récentes, attribuent un rôle nutritif à la paroi archégoniale; ils s'abstiennent d'entrer dans les détails, ces résultats étant assez discordants.

Hofmeister (1851), Schacht (1858), Strasburger (1884), Goroschankin (1884) signalent dans l'oosphère des corpuscules nutritifs qu'ils interprètent différemment, mais s'accordent pour ne pas leur attribuer une origine pariétale.

Se fondant sur leurs réactions vis-à-vis des matières colorantes, Hirase (1895) les considère comme provenant d'une sorte de sécrétion nucléaire, des cellules de la gaine archégoniale.

Ce serait au contraire au noyau qu'il faudrait attribuer ce rôle, d'après Ikene (1898). Pour Arnoldi, les noyaux, migrant de la paroi jusque dans l'oosphère, vont y constituer les corpuscules en question. D'après Coker (1905), ce seraient des débris des noyaux — se fragmentant — qui sont ensuite déversés dans l'ovule en formation.

Pour une troisième catégorie d'auteurs, cytoplasme et noyau prendraient part au phénomène. Telle est l'opinion de Jaccard (1894). Il retrouve l'un et l'autre au sein du corps oosphérique. Mais tout autre est l'interprétation de Stopes et Fujii (1906) : l'enveloppe archégoniale absorberait, après solubilisation préalable par des enzymes appropriées, les réserves accumulées dans l'endosperme pour les déverser ensuite dans l'oosphère.

Le sort ultérieur des constituants de la gaine ne semble guère avoir préoccupé les divers anatomistes; quelques-uns croient à leur maintien intégral; Arnoldi décrit la migration de noyaux endospermiques venant remplacer ceux qui sont allés constituer au sein de l'oosphère les corpuscules nutritifs.

A mon tour j'ai entrepris l'étude de cet intéressant problème et me suis servi de matériaux provenant de *Pinus Strobus* et de *P. Laricio*.

D'une manière génerale et dès leur groupement régulier, les cellules pariétaires se font remarquer, parmi les constituants du prothallium, par leurs dimensions, leur aspect général et par leur colorabilité.

Dès qu'elles entrent en activité fonctionnelle, leur noyau se vacuolise et perd de sa colorabilité; ses dimensions augmentent progressivement de même que celles du cytoplasme qui, de son côté, devient granuleux.

Très souvent des corps cellulaires voisins se fusionnent, formant bientôt une masse d'aspect muqueux et multinucléée : elle constitue, en somme, le produit d'une sorte de dégénérescence et s'écoule, à la longue, non en passant par des pores extrêmement ténus, creusés dans la membrane épaissie (Hirase, Goroschankin, Stopes et Fujii), mais à la façon d'une masse semi-fluide *in globo* ou fragmentairement, vers et dans le corps oosphérique.

Pendant longtemps encore on les reconnaît au sein du corps ovulaire où progressivement ils iront se confondre avec les autres constituants.

Mais que reste-t-il, après quelque temps, de cette gaine cellulaire où

règne une activité régressive aussi intense? Stopes et Fujii en proclament le maintien intégral; ce qui, *a priori* déjà, est incompatible avec les phénomènes décrits ci-dessus. J'ai dit plus haut comment Arnoldi conçoit la remise en état de ce tissu : des noyaux prothalliens voisins viendraient y remplacer ceux que leur activité physiologique a conduits à la résorption par l'oosphère.

La littérature dont j'ai pu disposer ne m'a pas renseigné au sujet de l'accueil réservé par le monde scientifique à cette conception étrange; elle me paraît, quant à moi, mériter la plus stricte réserve. Comment, en effet, se représenter un noyau, partie essentielle de la cellule vivante, quittant son cytoplasme, pour aller en rejoindre un autre, avec lequel il n'a aucun lien anatomo-physiologique et qui fut le siège d'importants phénomènes nucléaires?

Mes recherches m'ont conduit à des résultats tout différents. Avant de servir d'aliment à l'oosphère, les cellules pariétales de l'archégone des Abiétinées subissent une dégénérescence et se désagrègent. Leur déversement opéré, il reste une brèche qui doit aller en augmentant avec l'évolution régressive de la paroi. Mais, à la base de cette couche nutritive, là même où Arnoldi croit avoir vu entrer des noyaux endospermiques voisins, on peut reconnaître, de façon constante, les cellules groupées en tissu plus dense que partout ailleurs dans l'endosperme et se différenciant de leurs congénères, par leur noyau déjà plus volumineux et par une accentuation de sa colorabilité. A bien des niveaux on voit de ces éléments engagés entre deux cellules pariétales, comme s'ils s'y glissaient par un effort. Leur aspect dénonce déjà le début des transformations qui les conduiront progressivement au stade fonctionnel décrit plus haut pour leurs devanciers, dont ils auront pris et occupé la place et repris le rôle.

C'est de cette manière que la couche pariétale conserve son intégrité apparente, qui a trompé Stopes et Fujii. Elle constitue, en quelque sorte, une glande olocrine qui se renouvelle durant tout le développement de l'archégone.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nature et métabolisme des glucides chez les Iris.* Note [1] de MM. **H. Colin** et **A. Augem**, transmise par M. Guignard.

Tout ce qu'on sait de la question se résume à ceci : L'*Iris germanica*, les espèces voisines, *pallida*, *florentina*, et les innombrables variétés qui en

(1) Séance du 8 août 1927.

dérivent ont un rhizome à fécule; l'*Iris pseudacorus*, au contraire, met en réserve une lévulosane, l'irisine (1), sans trace d'amidon; ses graines ont un albumen corné, riche en mannosanes (2).

Nos recherches ont porté sur ces deux types et en plus sur l'*Iris fœtidissima*.

1° *Feuilles*. — Sauf dans les cellules stomatiques et seulement à la belle saison, les feuilles d'Iris ne renferment pas normalement (3) d'amidon, mais du saccharose et des sucres réducteurs, glucose et lévulose. Chose insolite, les feuilles de l'Iris gigot sont saturées de lévulosanes durant l'été.

2° *Rhizomes*. — Les sucres élaborés par les feuilles vont se condenser, dans les rhizomes, à l'état d'amidon (*I. germanica*) ou de lévulosanes (*I. pseudacorus*); nul n'a signalé jusqu'alors que l'*I. fœtidissima*, comme tant d'autres Monocotylédones, élabore à la fois ces deux sortes de réserves.

On pourrait croire que chez les Iris à lévulosanes il s'agit partout et toujours du même principe, l'irisine. La réalité est bien différente. L'irisine, seul polyose lévogyre de l'*I. pseudacorus*, est une lévulosane à grosse molécule, de pouvoir rotatoire égal à —51, absolument rebelle à l'action de la sucrase. Au contraire, le glucide de l'Iris gigot paraît être une dilévulosane dont le pouvoir rotatoire n'est pas supérieur à —28,5; inattaquable lui aussi par la sucrase, on le trouve toujours accompagné, dans les feuilles aussi bien que dans le rhizome, d'un satellite qui se laisse parfaitement hydrolyser par l'extrait aqueux de levure.

3° *Tiges florifères*. — Ce n'est pas l'habitude que les polyoses mis en réserve dans les parties souterraines émigrent tels quels vers les tiges en voie d'accroissement; aussi ne trouve-t-on, dans celles d'Iris, que des sucres réducteurs et du saccharose. Cependant, vers l'époque de la maturation des graines, il n'est pas rare de voir se former, dans la tige du *pseudacorus*, de petites quantités d'irisine. Les capsules, bien entendu, ne font que continuer les tiges et renferment les mêmes principes hydrocarbonés.

4° *Graines*. — Peu de temps après la fécondation, le contenu de la graine consiste en une matière semi-fluide dans laquelle on découvre aisément du sucre réducteur, du saccharose et, en outre, chez le *fœtidissima* et le *pseudacorus*, chez ce dernier surtout, les mêmes lévulosanes que dans les rhizomes; les téguments contiennent toujours de l'amidon. Bientôt la

(1) Wallach, *Lieb. Ann.*, 234, 1886, p. 364.

(2) Reiss, *Ber. d. Chem. Ges.*, 22, 1889, p. 609.

(3) On provoque aisément la formation de granules amylacés dans tous les chloroleucites en plaçant les feuilles sur des solutions sucrées.

structure cellulaire a tout envahi et les membranes commencent à s'épaissir. Finalement, l'albumen tout entier se présente sous forme d'une masse cornée, sorte de corozo, qui par hydrolyse donne du mannose en quantité.

De la documentation que nous possédons sur le sujet, nous ne pouvons citer ici qu'un petit nombre de données propres à illustrer ce qui vient d'être affirmé. Ci-dessous $[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$ sont les pouvoirs rotatoires, à 15°, du contingent glucidique soluble, avant et après hydrolyse; sous les rubriques R, S, L, A, figurent les pourcentages respectifs, par rapport au poids frais, du réducteur, du saccharose, des lévulosanes et de l'amidon.

Glucides des Iris.

			$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.	R.	S.	L.	A.
FEUILLES.	*I. pseudacorus*.	Avril	+19	—32	0,70	0,90	0	dans les stomates seulement
		Juin	+20	—30	0,37	0,84	0	
		Novembre	+27	—20	0,45	0,78	0	
	I. pallida	Mars	+34	+ 5	0,92	0,48	0	
		Juin	+32	+11	1,77	0,44	0	
		Novembre	+34	— 2	1,09	0,96	0	
	I. fœtidissima.	Mars	+11	—41	0,64	2,18	3,84	
		Juin	— 6	—50	0,96	3,18	8,00	
		Novembre	+51	—20	0,73	1,70	0	
RHIZOMES.	*I. germanica*.	Janvier	+38	—28	0,49	4,26	0	5,8
		Juillet	+ 9	—17	1,75	0,79	0	3,2
	I. pseudacorus.	Novembre	—45	—82	0,51	0,28	4,68	0
		Juillet	—58	—90	0,22	0,29	4,57	0
	I. fœtidissima.	Décembre	—14	—72	0,78	2,35	9,48	8,04
		Juin	—18	—71	0,28	2,30	11,00	9
TIGES.	*I. pallida*	Juin	+37	+40	3,00	0,11	0	dans les stomates
	I. pseudacorus.	Juillet	0	—41	1,49	1,13	2,56	
	I. fœtidissima.	Juillet	+22	— 2	1,88	0,21	0	
CAPSULES.	*I. pallida*	Juillet	+33	+17	1,54	0,32	0	
	I. pseudacorus.	»	+ 9	— 3	1,00	0,74	0	
	I. fœtidissima.	»	+26	— 5	3,80	1,46	0	
GRAINES.	*I. pallida*	Juillet	+44	—25	0,68	4,47	0	1,00
	I. pseudacorus.	Juin	—27	—74	0,76	1,34	4,12	0,10
	I. fœtidissima.	Juillet	+10	—33	2,20	4,80	1,80	0,30

Il apparaît une fois de plus à quel point le chimisme peut différer d'une espèce à l'autre, à l'intérieur d'un même groupe de plantes. Du point de vue physiologique, plus encore que par leurs caractères morphologiques, ces trois sortes d'Iris constituent trois types aussi distincts que possible.

Comment s'étonner que les croisements mille fois tentés entre ces espèces n'aient jamais été couronnés de succès ?

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'interprétation des courbes d'indice de réceptivité des Souris pour les greffes de tumeurs.* Note [1] de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note récente [2], nous avons indiqué que les modifications expérimentales de l'indice de réceptivité des Souris pour les greffes de tumeurs se font suivant plusieurs types; or la réceptivité est elle-même en relation avec les déplacements des points isoélectriques musculaires. Nous avions antérieurement interprété les variations de ceux-ci comme le résultat d'une décharge éventuelle dans l'organisme de produits de lyse, de dislocation protéique, éléments en présence desquels l'organisme peut se trouver placé par suite de crises métaboliques de nature quelconque (infections, tumeurs, gravidité, etc.).

Nous avons tenté de souder ces diverses notions en étudiant les modifications de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs, sous l'action de produits de dislocation protéique. Les conditions expérimentales ont été les mêmes que dans les expériences précédentes.

L'expérience a montré que l'injection aux Souris de stocks de produits résultant d'une dislocation poussée jusqu'à un stade déterminé, conduit à une évolution de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs qui paraît en relation avec le résultat de la dislocation.

C'est ainsi qu'une caséine solubilisée par hydrolyse ménagée (stock usuel protalbinique, lysalbinique, etc.) a fourni une évolution de l'indice de réceptivité du type B [3], avec indice positif au début, inversion, minimum (état réfractaire à la greffe), puis retour aux valeurs positives (*fig.* 1). Des mélanges riches en albumoses (au sens classique du terme : stock de polypeptides précipitable par le sulfate d'ammoniaque, peptone de Witte) ont correspondu au type D, l'indice *restant positif* sans s'inverser. Des produits de digestion de muscles de Souris par la pepsine chlorhydrique, poussés jusqu'aux peptones (produits biurétiques non précipitables par le

(1) Séance du 25 juillet 1927.

(2) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 403.

(3) *Loc. cit.*

sulfate d'ammoniaque) ont donné une évolution du type E, l'indice étant d'emblée fortement négatif et restant d'une valeur à peu près constante jusqu'au 65e jour. Des produits de digestion tryptique de muscles de

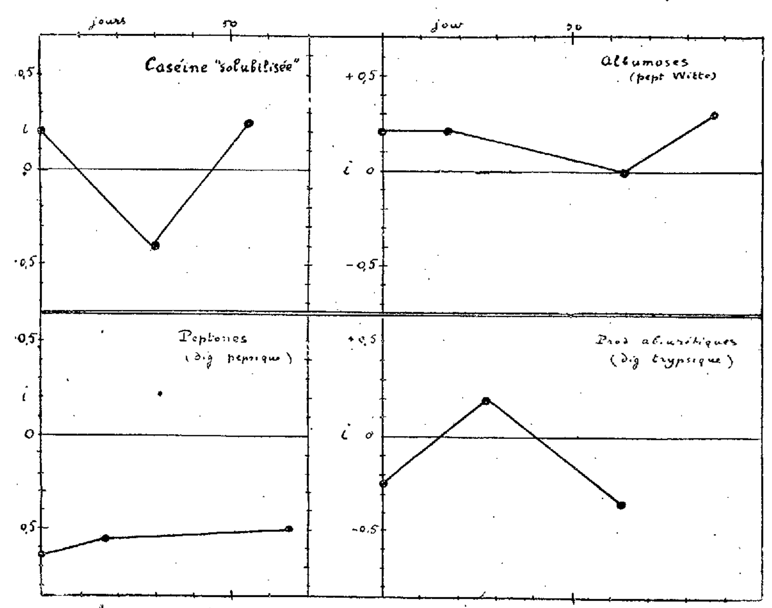


Fig. 1. — Évolution de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs des Souris injectées de produits de dislocation protéique.

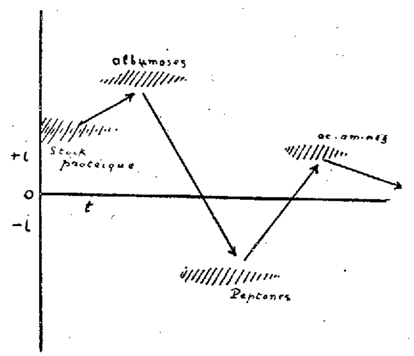


Fig. 2. — Schéma de l'évolution de l'indice de réceptivité pour les greffes de tumeurs, dans un organisme soumis à des décharges successives de produits de dislocation protéique.

Souris, poussée jusqu'à ce que le mélange fût abiurétique, ont imposé le type C, l'indice étant d'emblée négatif, puis s'inversant et devenant positif, et enfin redescendant le 65e jour.

A partir de ces données, il semble que nous puissions interpréter l'évo-

lution en fonction du temps de l'indice de réceptivité pour les tumeurs ([1]), dans les expériences antérieures avec l'émeri, le charbon, etc.

En supposant que l'opération initiale a engagé la dislocation d'un stock de matériaux protéiques dont la lyse s'échelonne sur un temps plus ou moins considérable, l'organisme va se trouver successivement recevoir des décharges de stades divers de produits de dislocation de ces protéiques : suivant l'époque à laquelle elles seront introduites, les greffes de tumeurs vont donc se trouver *par exemple* en présence d'un organisme au stade d'une décharge d'albumose (type D) c'est-à-dire à indice de réceptivité fortement positif; plus tard, en présence d'un organisme au stade d'une décharge peptonique, donc à indice fortement négatif (type E); puis d'un organisme à indice revenant à des valeurs positives (stade de décharges amino-acides : type C). La courbe résultante (*fig.* 2) aura donc grossièrement l'allure d'une courbe du type A ou du type B. Il est facile de concevoir, par des répartitions différentes des produits de scission, et la prédominance de telle ou telle fraction, que l'on puisse reproduire les schémas des divers types examinés jusqu'à présent.

Dans ces conditions, les types d'évolution des indices de réceptivité en fonction du temps jalonneraient tout simplement les décharges successives en échelons, différant qualitativement et quantitativement, qui résulteraient d'une dislocation de plus en plus avancée d'un certain stock protéique initial. Quant à ce stock protéique initial, on peut, en l'absence d'antigène extérieur, le chercher dans des cytolyses ou caryolyses engagées par des remaniements cellulaires, ou éventuellement dans la dislocation sur place de collections humorales provoquées ou naturelles.

PHYSIOLOGIE. — *Résultats des greffes sur le troupeau des moutons du Gouvernement général d'Algérie.* Note ([2]) de M. S. **Voronoff**, présentée par M. E. Leclainche.

Par une technique personnelle, j'ai réussi des greffes durables des glandes génitales d'un animal à un autre de la même espèce. Les examens histologiques, communiqués par M. Retterer à la Société de Biologie, ont en effet prouvé la survivance de ces greffons au delà de 3 ans et demi.

([1]) Et bien entendu aussi du point isoélectrique.

([2]) Séance du 25 juillet 1927.

Les principes de cette technique sont :

1° Transplantation de la glande à la place que la nature lui avait désignée;

2° Irritation de la surface d'implantation par scarification et grattage afin d'y provoquer un afflux de sang pour hâter la naissance des vaisseaux de nouvelle formation destinés à la nutrition humorale du greffon;

3° Division des greffons en tranches minces pour faciliter l'imbibition humorale de toutes les cellules.

J'ai appliqué ma méthode de greffe dans les cas suivants :

a. Sur les vieux animaux chez lesquels l'hormone testiculaire est déficitaire;

b. Sur les jeunes animaux, *avant la puberté*, chez lesquels les glandes non parvenues à la maturité ne sécrètent pas encore l'hormone testiculaire.

Dans le premier cas, on obtient une sorte de revivification générale du vieil organisme, *une augmentation de la force et de l'énergie vitale* et la répartition, en même temps, de la fonction sexuelle abolie par l'âge.

Dans le deuxième cas, on fournit à de tout jeunes animaux, par la greffe d'un testicule pris à un animal *adulte*, un apport d'hormone qu'ils ne possédaient pas encore. On dote ainsi ces jeunes organismes d'un stimulant qui hâte leur développement, les rend plus riches en chair et en production lainière. Lorsque, plus tard, leurs propres testicules parviennent à la maturité, leur action s'exerce sur un organisme beaucoup plus développé et le gain acquis se maintient et s'accroît.

Encouragé par les résultats obtenus à mon laboratoire au Collège de France dans les deux cas, j'ai voulu étendre mes expériences à des troupeaux entiers de moutons. Pour me mettre à l'abri de toute critique, et afin que les résultats puissent être contrôlés par une administration officielle et compétente, je me suis rendu en 1924 en Algérie où le Gouvernement possède un troupeau de 3000 moutons, sous la surveillance de l'inspecteur de l'élevage du Gouvernement général d'Algérie, M. Trouette.

La greffe des agneaux a été faite depuis le mois d'octobre 1924.

Le Service de l'élevage a communiqué les premiers résultats en 1926. Du rapport adressé au Ministère de l'Agriculture, j'extrais les chiffres suivants : La moyenne de poids pour les animaux de 2 ans, *non greffés*, est de $61^{kg},300$; la moyenne de poids pour les animaux *greffés*, âgés également de 2 ans, est de $68^{kg},500$. L'augmentation de poids est donc de $7^{kg},200$, de $\frac{1}{8}$ environ.

Le poids moyen de la toison des béliers *non* greffés est de $3^{kg},100$; le

poids moyen de la toison des béliers greffés est de $3^{kg},750$. Soit une augmentation de $650^{g}\frac{1}{5}$.

Au moment où ce rapport a été rédigé, les béliers greffés avaient déjà procréé des agneaux parvenus à l'âge de 5 mois. Or ces agneaux, issus de greffés, avaient un poids moyen de $38^{kg},200$, tandis que les agneaux de même âge, provenant de *non* greffés, ne pesaient que $30^{kg},100$. D'où une augmentation en poids de $8^{kg},100$, soit une augmentation de plus d'un quart. Le poids moyen de la toison des premiers était de 980^{g}; le poids moyen de la toison des seconds était de 680^{g}. Soit une augmentation de 300^{g} environ d'un tiers en plus.

Un an après que ce rapport fut rédigé par le Service d'élevage, je me suis rendu en Algérie (en avril 1927) et j'ai visité les troupeaux sous la conduite de M. Trouette et du commandant Cottenceau, directeur de la Station d'élevage. Sur onze troupeaux du Gouvernement, deux sont actuellement composés entièrement de brebis issues de greffés. En ma présence, on a pesé 2800 moutons actuellement existants, on les a tondus et l'on a pesé toutes les toisons.

Les résultats sont approximativement les mêmes. Les animaux issus de greffés pèsent en moyenne $\frac{1}{5}$ en plus que les animaux issus de non greffés et leur toison accuse une augmentation de $\frac{1}{6}$.

C'est donc un fait général et constant : les géniteurs, greffés avant la puberté, transmettent à leur première génération, au moins en partie, les qualités nouvellement acquises. Sans préjuger ce que l'on pourrait obtenir en greffant à leur tour les béliers issus de greffés et ayant déjà bénéficié des qualités de leurs ascendants, il y a lieu de constater que la plus-value obtenue en poids et en laine de cette première génération offre déjà un avantage considérable pour les éleveurs. Un bélier féconde en moyenne 50 brebis. Cent béliers greffés peuvent donc assurer la fécondation de 5000 brebis qui donneront environ 5000 produits supérieurs en poids et en laine, ce qui se traduit par un gain de plusieurs milliers de kilogrammes de viande et de laine.

La richesse en laine et en viande des moutons, dans chaque pays, peut être ainsi considérablement accrue grâce aux géniteurs greffés.

La séance est levée à $15^{h}35^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 mai 1927.)

Note de M. *Haroutune Anjour*, Nouveaux types des cas du mouvement du corps solide se ramenant aux quadratures :

Page 1115, ligne 22, *au lieu de* l'axe fixe OZ_1, *lire* l'axe OZ_1.

(Séance du 1[er] août 1927.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Sur la résistance de l'eau à la translation des carènes :

Page 320, *lire* l'expression (5) ainsi qu'il suit :

$$\sin \pi \left(\frac{v}{w}\right)^{\frac{\log 2}{\log w - \log v'}}. \tag{5}$$

Note de MM. *F. Gonseth* et *G. Juvet*, Sur les équations de l'électromagnétisme :

Page 342, le texte, à partir de la ligne 24 jusqu'à la fin, doit être intercalé après la ligne 4 de cette même page.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite*).

Societas scientiarum fennica (*Årsbok*). Helsingfors.
Societatea romana de stiinte (*Buletinul de chimie*. Bucuresti.
Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique. Paris.
Société des amis des sciences naturelles, d'anthropologie et d'ethnographie (*Compte rendu*) Moscou.
Société de secours des amis des sciences (*Compte rendu*). Paris.
Société des ingénieurs civils de France (*Annuaire. Procès-verbal*). Paris.
Société des nations; Bulletin des relations scientifiques. Paris.
Société roumaine des sciences (*Bulletin de chimie pure et appliquée. Bulletin des sciences mathématiques*). Bucuresti.
Société scientifique Ševčenko à Leopol (*Sections math. sc. nat. méd.*). Léopol.
Solar Physics Observatory (*Annual Report*). Cambridge.
Sprawozdania i Prace. Warszawa.
Sprawozdania Polokicj Akademji Umiejetnosci. Cracovie.
Sprawozdanie komisji fizjograficznej. Cracovie.
Stanford University Publications. Stanford (California).
Station agronomique de la Guadeloupe (*Rapport*). Pointe-à-Pitre.
Statistique de l'industrie minérale. Paris.
Studies from the Biological Stations. Toronto, Vancouver.
Sveriges geologiska undersökning. Stockholm.
Sveriges officiella statistik. Socialstatistik. Stockholm.

Tableau fiscal. Paris.
Technique moderne. Paris.
Technology Reports of the Tôhoku Imperial University. Sendai.
Tide Tables for the Eastern Coasts of Canada. Ottawa.
Tide Tables for the Pacific Coast of Canada. Ottawa.
Tôhoku Journal of Experimental Medicine. Sendaï.
Tôhoku Mathematical Journal (*The*). Sendaï.
Trabajos del Laboratorio de histopathologia. Madrid.
Trabajos del Museo nacional de ciencias naturales. Madrid.

(*A suivre*.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en entrant dans la salle des séances, il a appris le décès de M. **Émile Haug**, membre de la Section de Minéralogie, survenu le 28 août, à Niederbronn-les-Bains (Bas-Rhin).

Il lève la séance en signe de deuil, après le dépouillement de la Correspondance.

M. **G. Kœnigs** adresse la Notice suivante (¹) :

Émile Schwoerer naquit à Colmar (Haut-Rhin), le 1er avril 1861. Il appartenait à une vieille famille alsacienne dont les membres furent, dès la fin du XVIIIe siècle, attachés à la haute industrie. Après de bonnes études au Lycée de Colmar, Émile Schwoerer se préparait à entreprendre l'accès des grandes Écoles scientifiques, lorsque la guerre de 1870-1871 vint le contrarier dans ses projets et la rencontre qu'il fit à ce moment du grand savant Hirn contribua à en changer le cours. Ayant reconnu les aptitudes scientifiques d'Émile Schwoerer, Hirn prit en main la direction de ses études et se fit son zélé professeur.

On sait que notre futur Correspondant, Gustave-Adolphe Hirn, né au Logelbach (Haut-Rhin), créa en Alsace un centre célèbre d'Études physico-mécaniques sur les moteurs à vapeur. Parmi les savants de son École, le professeur de Liége Dwelshauvers-Déry, né à Dinant (Belgique), Correspondant de notre Académie, et Émile Schwoerer méritent d'être cités.

(¹) Séance du 22 août 1927.

Secrétaire et préparateur de Hirn, le jeune Schwoerer fut associé aux travaux de son illustre Maître. Celui-ci, du reste, n'a pas négligé, en maintes circonstances, de mentionner la part très grande qui revenait à son élève.

La question dont Émile Schwoerer s'est le plus occupé concerne les conditions d'emploi de la vapeur surchauffée et la comparaison de ce procédé avec celui du compoundage. On opposait ces deux procédés l'un à l'autre. Par ses expériences, Schwoerer mit en évidence les avantages qu'il y avait à les associer en pratiquant une double surchauffe, l'une lors de l'entrée de la vapeur à haute pression dans le petit cylindre, l'autre lors de sa sortie du petit cylindre et de son entrée dans le grand. Ces deux surchauffes successives et modérées lui donnaient des résultats très supérieurs à ceux que l'on aurait pu attendre d'une surchauffe unique, même très élevée.

Émile Schwoerer a lui-même réalisé un type de surchauffeur particulièrement pratique, susceptible de fonctionner longtemps sans exiger ni entretien ni réparations. Cet appareil est des plus répandus.

Les travaux d'Émile Schwoerer ont été grandement appréciés en Alsace. La célèbre Société Industrielle de Mulhouse lui décerna le Grand Prix décennal Émile Dollfus et en 1906 la Médaille d'honneur qui est la plus haute distinction dont dispose cette Société. Plus récemment, il fut nommé correspondant de cette même Société. La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale lui décernait sa Médaille d'or en 1904.

En 1913, notre Académie l'élisait Correspondant dans la Section de Mécanique.

D'autres sociétés savantes étrangères avaient rendu hommage aux travaux d'Émile Schwoerer; lors de la mort de Hirn, l'étranger lui avait fait d'honorables propositions pour l'appeler chez lui. Mais il désira rester fidèle à l'Alsace, sa patrie.

En dehors de ses travaux de thermodynamique appliquée, Schwoerer poursuivit des recherches sur divers points de Physique céleste, tels que : Phénomènes thermiques de l'Atmosphère, Sur la constance de la Radiation solaire, etc.

Ces travaux manifestent que, chez Émile Schwoerer, le goût des problèmes techniques s'harmonisait aux plus hautes spéculations de la Philosophie naturelle.

Ceux qui ont eu le privilège de connaître Émile Schwoerer regretteront en lui un ami au caractère doux et discret, à l'accueil ouvert, qui se plaisait

à faire à ses amis les honneurs de sa chère Alsace dont il était fier et à laquelle il resta si fidèle.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les petites oscillations d'un système autour d'une position d'équilibre stable.* Note [1] de M. **Paul Appell.**

Nous ne considérons ici qu'une position où la fonction des forces U est maximum; alors, d'après un théorème de Lejeune-Dirichlet, la position est une position d'équilibre stable. On suppose habituellement dans les cours en France que U commence par des termes du second degré et l'on réduit U à ces termes, les q s'annulant dans l'équilibre

$$U = -\frac{1}{2}\Sigma\alpha_{ik}q_iq_k \qquad (\alpha_{ik}=\alpha_{ki}),$$

on réduit également la demi-force vive T à ses premiers termes

$$T = \frac{1}{2}\Sigma a_{ik}q'_iq'_k \qquad (a_{ik}=a_{ki}),$$

c'est ce que font aussi Tait et Thomson, comme je l'ai indiqué dans le Tome IV de mon *Traité de Mécanique rationnelle.*

Mais il peut arriver que U commence par des termes du quatrième degré, — même d'un degré pair supérieur à 4 —; alors les oscillations ont une durée qui dépend de leur amplitude. Le but de cette Note est d'attirer l'attention sur ce cas qui s'impose.

Liaisons complètes. — Nous prendrons

$$U = -\frac{\alpha}{4}q^4, \qquad T = \frac{a}{2}q'^2.$$

Ce cas se présente quand Oz étant vertical ascendant, on étudie les petits mouvements d'un point pesant mobile sur la courbe

$$y = 0, \qquad z = x^4.$$

L'équation approchée du mouvement est

$$aq'' = -\alpha q^3, \qquad q'' = -r^2q^3,$$
$$q' = -\frac{r}{\sqrt{2}}\sqrt{(q_0^4 - q^4)},$$
$$\frac{r}{\sqrt{2}}t = -\int_{q_0}^{q}\frac{dq}{\sqrt{q_0^4 - q^4}}.$$

[1] Séance du 17 août 1927.

En faisant $q = q_0 s$

$$\frac{r}{\sqrt{2}} t = -\frac{1}{q_0} \int_1^s \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}.$$

Le temps τ que met q partant de q_0 pour devenir nul est

$$\frac{r}{\sqrt{2}} \tau = \frac{1}{q_0} \int_0^1 \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}};$$

il est en raison inverse de q_0.

Deux degrés de liberté :

$$T = \frac{1}{2}(ap'^2 + 2bp'q' + eq'^2),$$

$$U = -\frac{1}{4}(\alpha_1 p^4 + 4\alpha_2 p^3 q + 6\alpha_3 p^2 q^2 + 4\alpha_4 p q^3 + \alpha_5 q^4).$$

Les équations du mouvement sont au nombre de deux :

$$ap'' + bq'' = -(\alpha_1 p^3 + 3\alpha_2 p^2 q + 3\alpha_3 p q^2 + \alpha_4 q^3),$$
$$bp'' + cq'' = -(\alpha_2 p^3 + 3\alpha_3 p^2 q + 3\alpha_4 p q + \alpha_5 q^3).$$

Il serait intéressant d'intégrer ces équations, mais, en supposant que, pour $T = 0$, p et q soient nuls, on peut développer p suivant les puissances de q et réduire ce développement premier au terme hq. Nous nous bornerons à chercher des solutions telles que $p = hq$, h étant une constante réelle non nulle. On a alors une intégrale contenant deux constantes arbitraires seulement, au lieu de quatre qui doivent figurer dans l'intégrale générale.

Les équations du mouvement sont

$$(ah + b)q'' = -q^3(\alpha_1 h^3 + 3\alpha_2 h^2 + 3\alpha_3 h + \alpha_4),$$
$$(bh + c)q'' = -q^3(\alpha_2 h^3 + 3\alpha_3 h^2 + 3\alpha_4 h + \alpha_5),$$

d'où l'équation quadratique

$$(ah + b)[\alpha_2 h^3 + 3\alpha_3 h^2 + 3\alpha_4 h + \alpha_5]$$
$$-(bh + c)[\alpha_1 h^3 + 3\alpha_2 h^2 + 3\alpha_3 h + \alpha_4] = 0,$$

dont sont admissibles seulement les racines réelles rendant positif

$$\frac{ah + b}{\alpha_1 h^3 + 3\alpha_2 h^2 + 3\alpha_3 h + \alpha_4}.$$

Pour chacune des oscillations correspondantes, τ est en raison inverse de q_0.

Comme exemple, on a le mouvement d'un point pesant sur la surface $z = x^4 + 2\alpha x^2 y^2 + y^4$, α étant convenablement choisi.

On peut toujours supposer

$$a = 1, \qquad b = 0, \qquad c = 1.$$

L'équation en h est alors

$$h[\alpha_2 h^3 + 3\alpha_3 h^2 + 3\alpha_4 h + \alpha_5] - [\alpha_1 h^3 + 3\alpha_2 h^2 + 3\alpha_3 h + \alpha_4] = 0.$$

Si α_2 et α_4 sont nuls,

$$h[3\alpha_3 h^2 + \alpha_5] - [\alpha_1 h^3 + 3\alpha_3 h] = 0,$$

qui admet avec la racine $h = 0$ les racines de l'équation du second degré

$$(3\alpha_3 - \alpha_1) h^2 - 3\alpha_3 + \alpha_5 = 0.$$

Dans le cas encore plus particulier où $\alpha_5 = \alpha_1$,

$$h^2 = 1,$$
$$h = \pm 1.$$

Alors la quantité

$$\frac{ah + b}{\alpha_1 h^3 + 3\alpha_2 h^2 + 3\alpha_3 h + \alpha_4} = \frac{1}{\alpha_1 h^2 + 3\alpha_3}$$

devient, pour les deux racines $h = \pm 1$,

$$\frac{1}{\alpha_1 + 3\alpha_3}.$$

Cas général d'un système à n degrés de liberté. — Nous traiterons ce cas et nous développerons les précédents dans un autre Recueil.

BIOLOGIE. — *Contribution à l'étude génotypique et phénotypique des Trichogrammes.* Note de M. **Paul Marchal.**

Les Trichogrammes sont de minuscules Hyménoptères Chalcidiens qui, en pondant leurs œufs dans ceux des autres Insectes, contribuent dans une très large mesure à limiter leur multiplication.

La distinction de leurs espèces n'est pas encore bien établie et, en présence des formes de passage qui relient les différents types décrits, les auteurs ont actuellement tendance à grouper sous un seul nom (*Trichogramma evanescens*) la plupart des Trichogrammes européens qui ont fait l'objet de travaux antérieurs.

On peut être certain qu'une analyse de ce groupement, basée sur une étude biologique et génétique des lignées que l'on rencontre dans la nature, apporterait une contribution intéressante à nos connaissances sur l'évolution des espèces, en même temps qu'elle aiderait à la solution de quelques autres problèmes de la biologie générale et en particulier de la reproduction sexuée. Howard et Fiske ont été les initiateurs de ce travail en signalant l'existence de trois sortes de Trichogrammes vivant aux dépens des œufs de Bombycides et qui paraissent avoir la signification d'espèces biologiques différant entre elles par les modalités qu'elles présentent au point de vue de la sexualité, notamment par leurs qualités parthénogénétiques, qui aboutissent soit à la production de mâles, soit à la production de femelles.

De mon côté, je viens d'étudier pendant trois années consécutives deux types de Trichogrammes qui ont entre eux les plus étroites ressemblances morphologiques (¹), mais qui diffèrent l'un de l'autre par un ensemble de propriétés biologiques extrêmement remarquables.

Ces deux types ne peuvent pas être considérés comme des sous-espèces ou races géographiques; car c'est dans mon jardin même à Antony (Seine) que je les rencontre : ils y évoluent côte à côte, mais dans des habitats différents :

L'un, que j'appellerai *Trichogramma evanescens*, forme typique, se distingue par sa coloration foncée et ses ailes irisées à teinte bleu d'acier dominante; il se rencontre dans les endroits découverts et en particulier dans les carrés de Choux, où il parasite intensément les œufs de divers Papillons fort nuisibles dans les cultures (*Mamestra brassicæ, Pieris brassicæ, Pieris rapæ, Pionea forficalis*), ainsi que des œufs de Syrphes pondus en abondance sur les Choux attaqués par les Pucerons.

L'autre, que je désignerai sous le nom de *Trichogramma cacæciæ*, se distingue du précédent par sa coloration claire et ses ailes irisées à teinte rose dominante : il se plaît dans les endroits plus ombragés et se rencontre sur les vieux Cognassiers et les Pommiers où il parasite les pontes à œufs imbriqués et fixés sur les écorces d'une Tortricide fort commune et assez polyphage, la *Cacæcia rosana*.

(¹) M. Ferrière, dont on connaît la compétence dans l'étude de la systématique des Chalcidiens, a bien voulu examiner comparativement des exemplaires ailés de ces deux types et n'a trouvé entre eux que les différences de coloration qui sont sommairement signalées dans cette Note.

La première forme (forme typique) a déjà été très étudiée. On sait que ses générations à développement rapide se succèdent pendant toute l'année sans autre période d'arrêt que celle du repos hivernal. On peut ainsi en compter une huitaine et peut-être davantage depuis le printemps jusqu'à l'automne. Ces générations sont semblables et comportent toutes à la fois des mâles et des femelles ailés ([1]). Lorsque les femelles sont isolées et se reproduisent par parthénogénèse, elles n'engendrent que des mâles (parth. arrhénotoque).

Le *Trichogramma cacæciæ* que j'ai spécialement étudié n'a au contraire, dans les conditions naturelles et normales, que deux générations par an. Ces deux générations sont dissemblables et sont constituées par deux formes régulièrement alternantes comme chez divers Cynipides. La génération estivale (fin juin-juillet) est normalement ailée, tandis que celle qui éclot au début du printemps (mars-avril) n'a que des ailes vestigiales restant tamponnées sur le thorax à l'état de courtes écailles et qui, déployées artificiellement dans la potasse, se présentent avec une structure simplifiée et un aspect rudimentaire et tronqué rappelant les formes étudiées par Th. Morgan et ses collaborateurs dans les lignées expérimentales de Drosophiles. Enfin, contrairement à ce qui a lieu pour les Cynipides à générations alternantes, nous trouvons chez le *Trichogramma cacæciæ* une parthénogénèse thélytoque indéfinie, les deux générations n'étant composées que de femelles et les mâles n'apparaissant que d'une façon très exceptionnelle. C'est ainsi qu'à Antony sur des centaines et des centaines d'exemplaires appartenant à l'une ou à l'autre génération, je n'ai jusqu'ici trouvé qu'un seul mâle.

Un autre fait très remarquable dans l'évolution du *Trichogramma cacæciæ* consiste dans l'ajustement de son développement et de celui de son hôte : il lui permet de boucler le cycle de ses deux générations dans une même ponte de la Tordeuse qui n'a qu'une seule génération au cours de l'année. Voici comment il se poursuit : Les pontes de *Cacæcia* consistent en une agglomération d'œufs au nombre de soixante en moyenne et imbriqués les uns sur les autres, de façon à former un massif lenticu-

---

([1]) Je n'ai jamais observé, malgré le grand nombre d'élevages que j'ai effectués, d'autres mâles que les mâles ailés. Et, ni à Antony ni dans d'autres localités, je n'ai trouvé les mâles aptères à antennes de femelles, qui ont été signalés par quelques auteurs. Il serait à rechercher si de telles formes qui doivent se rencontrer dans certaines lignées ne correspondent pas à des intersexués.

laire collé contre l'écorce. Elles sont déposées sur les rameaux au début de juillet. Le Trichogramme de la génération ailée qui se dispose à parasiter une de ces pontes fraîchement déposées vient alors s'installer sur elle pendant de longues heures et pique de sa tarière les différents œufs qui la composent pour y introduire les siens. Dans la plupart des cas toutefois, le nombre des œufs de l'hôte est trop considérable pour que la ponte entière du papillon soit parasitée et ce sont ceux de la périphérie qui restent généralement indemnes. Les œufs qui ont été déposés par les ailés au début de juillet dans la partie centrale de l'agglomération donnent naissance à des larves qui évoluent à l'intérieur des œufs de la Tordeuse et qui, en mars ou dans les premiers jours d'avril, se transforment en Insectes parfaits. Ces derniers constituent la génération des microptères tout à fait incapables de voler. Sans s'écarter de la ponte d'où ils viennent de sortir, ils trouvent dans sa zone périphérique des œufs indemnes et dans lesquels le développement de la chenille soumis à une longue diapause n'est pas encore assez avancé pour qu'ils soient devenus impropres à l'évolution du Trichogramme. Les microptères y déposent alors leurs propres œufs qui, en se développant, fourniront la génération ailée de juin-juillet.

Au premier abord, il semble que l'on se trouve là en présence d'un cycle évolutif complètement fixé par hérédité et constituant un caractère biologique spécifique du même ordre que celui des générations alternantes des Cynipides par exemple. Or, il n'en est rien. J'ai pu expérimentalement faire pondre les femelles parthénogénétiques ailées du *Trichogramma cacæciæ* dans des pontes très différentes de celles de *Cacæcia rosana* et en particulier dans celles de la Noctuelle du Chou (*Mamestra brassicæ*), dont les embryons se développent en quelques jours au lieu d'exiger 9 mois comme ceux de *Cacæcia*.

Le *Trichogramma cacæciæ*, que je n'ai pourtant jamais obtenu dans la nature des œufs de *Mamestra*, s'accommode fort bien de ces derniers et, ce qui est tout à fait remarquable, c'est que son développement s'accélère alors au point de fournir en une seule année toute une série de générations, chacune ne demandant pas un mois pour évoluer. Cette série devient alors entièrement parallèle à celle que l'on peut obtenir en même temps avec le *Trichogramma evanescens* (forme typique). On peut donc dire que le *Trichogramma cacæciæ* règle la vitesse de son évolution sur celle du développement embryonnaire de son hôte : il est à évolution lente (deux générations annuelles), lorsqu'il poursuit son cycle dans un hôte dont les œufs

présentent une longue diapause. Il est à évolution rapide lorsqu'il poursuit son cycle dans un hôte dont les œufs se développent en quelques jours. Tout se passe donc comme si l'œuf ou ses enveloppes contenaient des substances activant ou inhibant le développement et agissant dans le même sens, qu'il s'agisse de l'embryon de l'hôte ou du parasite qui lui est substitué. Il est à remarquer toutefois que, pour ce dernier, l'effet inhibiteur ne paraît pas s'exercer pendant la période embryonnaire comme c'est le cas pour la chenille, mais seulement lorsque le parasite approche du moment de la nymphose. Malgré ces données expérimentales, qui montrent que les différences de rythme évolutif qui existent entre les deux formes ne sont pas liées au patrimoine héréditaire, nous verrons toutefois que le *Trichogramma cacœciæ* est génotypiquement et peut-être spécifiquement différent du *Trichogramma evanescens*.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'ordre de régularité de la croissance.* Note de M. **N. Podtiaguine**, présentée par M. Émile Borel.

Dans mes Notes précédentes [1] j'ai donné une définition de la régularité des fonctions croissantes et j'ai indiqué quelques propriétés fondamentales des fonctions régulières. Dans la Note présente je veux donner une notion nouvelle, celle de *l'ordre de régularité de la croissance.*

La régularité de la croissance définie dans les Notes citées sera appelée par nous *la régularité du premier ordre.* Nous dirons que la fonction régulière $y(x)$ est une fonction *régulière du second ordre* s'il existe une limite *déterminée* et *finie* de l'expression $\frac{yy''}{y'^2}$ quand x croît indéfiniment. Cette dernière limite sera appelée par nous *l'indice de régularité du second ordre* de la fonction $y(x)$. En général, nous dirons que la fonction régulière $y(x)$ est une fonction régulière du $n^{\text{ième}}$ ordre si toutes ses dérivées $y', y'', \ldots, y^{(n-2)}$ sont des fonctions *indéfiniment croissantes*, si la dérivée $y^{(n-1)}$ est *toujours positive* et si, en outre, il existe une limite *déterminée* et *finie* de

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 945 et 1907.

l'expression $\frac{y^{(n-2)}y^{(n)}}{[y^{(n-1)}]^2}$ pour $x=+\infty$. Nous appellerons cette dernière limite *l'indice de régularité du $n^{ième}$ ordre* de la fonction $y(x)$.

On démontre facilement qu'une fonction régulière d'un ordre déterminé est aussi régulière d'un ordre quelconque inférieur.

Les indices de régularité de la croissance des fonctions possèdent quelques propriétés assez intéressantes :

1° *Aucun des indices de régularité de la croissance ne peut être supérieur à un.*

2° *α_1, α_2, α_3, α_4, ..., α_n étant des indices de régularité du premier, du second, ..., du $n^{ième}$ ordre respectivement d'une fonction $y(x)$, on a entre ces indices la relation*

$$\alpha_{p-1}=\frac{1}{2-\alpha_p} \qquad (p=3, 4, 5, \ldots, n).$$

De cette égalité on peut déduire encore les formules suivantes :

$$\alpha_p=\frac{(p-1)\alpha_2-(p-2)}{(p-2)\alpha_2-(p-3)}; \qquad \alpha_2\alpha_3\alpha_4\ldots\alpha_p=(p-1)\alpha_2-(p-2).$$

3° *Parmi les indices α_2, α_3, α_4, ..., α_n ce n'est que le dernier qui peut être négatif ou égal à zéro.*

4° *Si $\alpha_2=1$, on a $\alpha_p=1$ pour toute valeur de p moindre ou égale à n.*

5° *Les indices α_2, α_3, α_4, ..., α_n vont toujours en décroissant pour $\alpha_2<1$ et ne sont égaux que pour $\alpha_2=1$.*

6° *Si l'expression $\frac{2-\alpha_2}{1-\alpha_2}$ est un nombre entier, l'ordre de régularité de la fonction $y(x)$ ne peut être supérieur à cet entier; si cette expression est un nombre fractionnaire, l'ordre de régularité de la fonction $y(x)$ ne peut être supérieur au nombre entier suivant.*

7° *Si l'ordre de la croissance d'une fonction régulière du $n^{ième}$ ordre $y(x)$ par rapport à une autre fonction $y_1(x)$ régulière du second ordre est égal à un nombre k fini et différent de zéro, l'indice de régularité du $p^{ième}$ ordre α_p $(p=2, 3, \ldots, n)$ est lié avec l'ordre n par la formule*

$$\alpha_p=1-\frac{1-\beta_2}{k-(p-2)(1-\beta_2)},$$

β_2 étant l'indice de régularité du second ordre de la fonction $y_1(x)$.

De cette dernière formule on peut déduire encore la formule

$$k\alpha_2\alpha_3\ldots\alpha_p=k-(p-1)(1-\beta_2) \qquad (p=2, 3, \ldots, n)$$

qui prend pour $y_1(x)=x$ la forme plus simple

$$k\alpha_2\alpha_3\ldots\alpha_p=k-p+1.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un problème relatif aux fonctions absolument monotones.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Borel.

Si l'on se donne $k+1$ valeurs positives $M_0, M_1, \ldots, M_k$, il est toujours possible, en supposant $b>0$ assez petit, de construire une infinité de fonctions $f(x)$ absolument monotones sur le segment $(-b, 0)$, telles que

$$(1) \qquad f(0)=M_0, \quad f'(0)=M_1, \quad \ldots, \quad f^{(k)}(0)=M_k.$$

Je me suis proposé de rechercher la valeur L jouissant de la propriété qu'une fonction $f(x)$ satisfaisant à (1) existe, si $b<L$, et n'existe pas pour $b>L$.

La solution de ce problème résulte essentiellement des deux théorèmes suivants :

Théorème A. — *Soit*

$$(2) \qquad \varphi(x)=[A_1+B_1(x+b)](x+b)^{p_1}+\ldots+[A_n+B_n(x+b)](x+b)^{p_n},$$

où $A_i \geqq 0$, $B_i \geqq 0$, $p_i > p_{i-1}+1$, *les exposants* p_i *étant des entiers non négatifs. Lorsqu'il existe une fonction* $f(x)$ *absolument monotone sur* $(-b, 0)$ *qui satisfait à* (1), *il existe également une et une seule fonction de la forme* (2) *satisfaisant aux mêmes conditions initiales* (1) *en supposant* $k+1=2n$ *pair; de même, pour* $k=2n$, *l'existence d'une fonction absolument monotone* $f(x)$ *satisfaisant à* (1) *entraîne l'existence d'une fonction unique*

$$(2\ bis) \qquad \varphi_1(x)=A_0+\sum_{i=1}^{n}[A_i+B_i(x+b)](x+b)^{p_i},$$

satisfaisant aux mêmes conditions (1).

Il serait trop long d'indiquer ici le calcul effectif des fonctions $\varphi(x)$ ou $\varphi_1(x)$; je remarquerai seulement qu'après avoir fixé les exposants entiers p_i, on a pour déterminer les coefficients A_i et B_i autant d'équations linéaires que d'inconnues, de sorte qu'un nombre fini d'essais suffit pour calculer $\varphi(x)$ ou $\varphi_1(x)$ dont les coefficients s'expriment rationnellement au moyen des valeurs M_i et de b.

Théorème B. — *Quelle que soit la fonction absolument monotone* $f(x)$ *qui satisfait aux mêmes conditions initiales* (1) *que* $\varphi(x)$ *et* $\varphi_1(x)$, *on a*

$$f(x) \geqq \varphi(x), \quad f(x) \geqq \varphi_1(x) \quad \textit{pour} \quad x \geqq 0$$

et

$$\varphi(x) \leqq f(x) \leqq \varphi_1(x) \quad \textit{pour} \quad 0 \geqq x \geqq -b.$$

Sans entrer dans d'autres détails, je signalerai une conséquence évidente de ces théorèmes :

Si $\varphi(x) = \varphi_1(x)$, *c'est la seule fonction absolument monotone sur* $(-L, 0)$ *satisfaisant aux* $K+1$ *conditions* (1). *Si, dans ce cas, le degré de* $\varphi(x)$ *est supérieur à* K, *il n'y a pas de fonction absolument monotone sur un segment* $(-b, 0)$, *pour* $b > L$, *satisfaisant aux mêmes conditions* (1).

Lorsque b croît indéfiniment, la fonction extrémale (2)

$$\varphi(x) = \Sigma b^{p_i} \left[1 + \frac{x}{b}\right]^{p_i} [A_i + B_i(x+b)]$$

a pour limite une expression de la forme

$$\Phi(x) = \Sigma C_i e^{\alpha_i x},$$

qui, d'après ce qui précède, est *la plus petite fonction absolument monotone sur tout l'axe réel satisfaisant aux conditions* (1). L'étude de ce cas limite (qui est en relation intime avec le problème des moments qui peut être traité ainsi sans utiliser les fractions continues) conduit immédiatement aux $(K-1)$ conditions nécessaires et suffisantes pour que l'on ait $L = \infty$, de la forme

$$\begin{vmatrix} f & f' \\ f' & f'' \end{vmatrix} \geqq 0, \qquad \begin{vmatrix} f' & f'' \\ f'' & f''' \end{vmatrix} \geqq 0, \qquad \begin{vmatrix} f & f' & f'' \\ f' & f'' & f''' \\ f'' & f''' & f^{\text{iv}} \end{vmatrix} \geqq 0, \qquad \ldots.$$

Ainsi, par exemple, e^x est la plus petite des fonctions absolument monotones sur tout l'axe réel qui prend la valeur *un* ainsi que sa dérivée première pour $x = 0$, et est la seule dont la dérivée seconde prend aussi la valeur *un* pour $x = 0$.

La fonction qui ne serait absolument monotone que pour $x \geqq -b$ pourrait rester encore inférieure, et la valeur minime pour chaque valeur de $x \geqq -b$ serait atteinte par la fonction

$$\varphi(x) = (p+1-b)\left(1 + \frac{x}{b}\right)^p + (b-p)\left(1 + \frac{x}{b}\right)^{p+1},$$

où $p = [b]$ est la partie entière de b (qui a pour limite e^x lorsque $b \to \infty$).

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Modification à la théorie de la diffusion de la lumière d'Einstein.* Note [1] de M. **Y. Rocard**, transmise par M. Ch. Fabry.

Einstein, en 1910, a montré après Smoluchowski que l'intensité de la lumière diffusée par un corps était proportionnelle au carré moyen des fluctuations de l'indice de réfraction μ. Soient ρ la densité, T la température, p la pression du corps, et supposons que l'on connaisse expérimentalement les dérivées

$$\left(\frac{\partial\mu}{\partial p}\right)_T \quad \text{et} \quad \left(\frac{\partial\mu}{\partial T}\right)_p,$$

nous aurons

$$\overline{\Delta\mu^2} = \left(\frac{\partial\mu}{\partial\rho}\right)^2 \overline{\Delta\rho^2} + \left[\left(\frac{\partial\mu}{\partial p}\right)\frac{\partial p}{\partial T} + \left(\frac{\partial\mu}{\partial T}\right)\right]^2 \overline{\Delta T^2}. \tag{1}$$

Or Einstein dans sa théorie ne considère que le premier terme (et le calcule du reste très justement à température constante), ceci pour plusieurs raisons :

1° Le but de son Mémoire est de donner une théorie de l'opalescence au voisinage de l'état critique. Il est naturel qu'il s'occupe uniquement du terme en $\overline{\Delta\rho^2}$, qui seul devient très grand au point critique et est susceptible d'expliquer numériquement l'opalescence.

2° Einstein a évidemment en vue le cas spécial où μ ne dépend que de ρ, puisque ensuite il suppose explicitement

$$\mu^2 - 1 = K\rho(\mu^2 + 2)$$

pour aboutir à la formule bien connue

$$\frac{i}{I} = \frac{\pi^2}{18}\frac{RT\beta}{N\lambda^4}(\mu^2-1)^2(\mu^2+2)^2. \tag{2}$$

Mais souvent l'on a cru légitime d'appliquer sa formule à la diffusion ordinaire en la généralisant sous la forme

$$\frac{i}{I} = \frac{\pi^2}{2}\frac{RT}{N\lambda^4\beta}\left(\frac{\partial\mu^2}{\partial\rho}\right)^2. \tag{3}$$

Nous devons alors signaler qu'elle est incomplète et qu'il faut tenir

---

[1] Séance du 22 août 1927.

compte du terme en $\overline{\Delta T^2}$. On peut calculer le carré moyen des fluctuations en température en suivant la marche indiquée par H.-A. Lorentz dans son livre sur les théories statistiques en thermodynamique. On trouve finalement qu'il faut multiplier le second membre de la formule (3) par le facteur

$$\left(1+\frac{\alpha^2\varphi^2 T}{J C_v \rho\beta}\right); \tag{4}$$

α coefficient de dilatation, β coefficient de compressibilité isotherme, J équivalent mécanique, C_v chaleur spécifique à volume constant; φ est donné par la formule

$$\varphi=\frac{\left(\frac{\partial\mu}{\partial p}\right)\frac{\alpha}{\beta}+\left(\frac{\partial\mu}{\partial T}\right)}{\left(\frac{\partial\mu}{\partial p}\right)\frac{\alpha}{\beta}}.$$

$\varphi\neq 0$ exprime simplement que μ dépend explicitement de T et non pas seulement de la densité ρ; ainsi pour le sulfure de carbone on a $\varphi=0{,}08$.

La correction que comporte notre facteur (4) est de l'ordre de quelques centièmes à quelques millièmes selon les corps.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Formules des courbes de magnétisme dans les machines électriques et des courbes d'induction dans les tôles.* Note de M. **Frantz Cathelin**, présentée par M. Paul Janet.

Les courbes de magnétisme des machines électriques peuvent se représenter par la formule

$$\Phi=K\frac{i}{\sqrt{a+bi+i^2}},$$

Φ étant le flux; i le courant magnétisant; K, a, b des constantes.

Cette relation permet de tenir compte de la saturation pour calculer les valeurs du courant dans les régimes transitoire ou permanent.

I. *Loi d'établissement du courant, sous tension constante, dans une bobine à circuit magnétique avec entrefer.* — Soient : n le nombre de spires de cette bobine; r sa résistance; U la tension appliquée à ses bornes; I_0 le courant permanent.

L'équation différentielle qui doit être satisfaite est

$$U=ri+n\frac{d\Phi}{dt}.$$

Si l'on pose

$$z = \sqrt{a + bi + i^2} + i$$

et si l'on appelle z' et z'' les racines de l'équation

$$a + bI_0 + 2I_0 z - z^2 = 0,$$

on trouve

$$\frac{2r}{nk} t = A \log_e(z + z') - B \log_e(z'' - z) + \frac{E}{2} \log_e(a + bz + z^2)$$
$$- \frac{1}{2} \frac{C}{a + bz + z^2} + \frac{2D - Cb}{4} \frac{z + \frac{b}{2}}{a'^2 (a + bz + z^2)}$$
$$+ \frac{1}{a'^2} \operatorname{arc\,tang} \frac{z + \frac{b}{2}}{a'} \left(F + \frac{2D - cb}{4a'}\right) + \text{const.}$$

avec

$$a' = \sqrt{a - \frac{b^2}{4}}.$$

II. *Loi de décroissance du courant.* — L'équation différentielle

$$0 = ri + n \frac{d\Phi}{dt}$$

s'intègre par le même changement de variable que ci-dessus.

III. *Loi d'auto-excitation des génératrices à courant continu.* — Soient : n le nombre total de spires des inducteurs; r leur résistance; E_0 la f. é. m. développée dans l'induit par l'unité de flux à la vitesse considérée.

L'équation du problème est ici

$$E_0 \Phi = ri + n \frac{d\Phi}{dt}$$

avec

$$i = \frac{k'_1 \Phi}{\sqrt{A'^2 - \Phi^2} - C'\Phi}.$$

Si l'on pose

$$z = \frac{\sqrt{A'^2 - \Phi^2} + A'}{\Phi}$$

et si l'on appelle z' et z'' les racines de l'équation

$$\left(A' - \frac{rk'_1}{e_0}\right) z^2 - 2A'C'z - \left(A' + \frac{rk'_1}{e_0}\right) = 0,$$

on trouve

$$\frac{e_0}{n} t = \log_e \Phi - [A_1 \log_e z + B_1 \log_e(z - z') + C_1 \log_e(z + z'')] + \text{const.}$$

IV. *Courbes d'induction dans les tôles.* — Ces courbes peuvent se représenter par la formule

$$\mathcal{B} = \mathcal{H} + \frac{\mathcal{H}}{\sqrt{\dfrac{b'}{\mathcal{H}^2} + \dfrac{a'}{\mathcal{H}} + a + b\mathcal{H} + c\mathcal{H}^2}} + \left(\frac{\mathcal{H} - \mathcal{H}_0}{\sqrt{\dfrac{A'}{(\mathcal{H} - \mathcal{H}^0)^2} + A + B(\mathcal{H} - \mathcal{H}_0) + C(\mathcal{H} - \mathcal{H}_0)^2}}\right)^{\frac{1}{2}},$$

b', a', a, b, c, A', A, B et C étant des constantes. $\mathcal{H}_0$ est la valeur du champ pour laquelle la fonction représentée par le deuxième terme du second membre cesse d'être osculatrice à la courbe de $\mathcal{B}$.

Pour une certaine qualité de tôle, nous avons déterminé les constantes suivantes, pour $\mathcal{B}$ compris entre 0 et 25 000 C. G. S. :

$$\mathcal{B} = 1000 \frac{\mathcal{H}}{\sqrt{\dfrac{1,084}{\mathcal{H}} - 0,3497 + 0,583 + 0,00326\mathcal{H}^2}} + 1000\left(\frac{\mathcal{H} - 80}{10\sqrt{\dfrac{541\,200}{(\mathcal{H} - 80)^2} + 20,59 + 0,002(\mathcal{H} - 80)}}\right)^{\frac{1}{2}} + \mathcal{H},$$

le champ étant exprimé ici en ampères-tours par centimètre.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur les applications d'un type particulier d'amplificateur à réaction.* Note de M. **P. Lejay**, présentée par M. G. Ferrié.

On sait qu'il est possible de provoquer les phénomènes dits de réaction, dans les appareils utilisant les lampes triodes, sans l'intermédiaire souvent gênant de selfs et de capacités, et d'étendre leurs effets amplificateurs à toutes les fréquences, et même à l'amplification des variations de courants continus.

Il suffit de disposer dans le circuit de plaque d'une lampe L (lampe amplificatrice) une résistance ohmique R assez faible pour ne pas troubler le régime de la lampe, et d'appliquer les variations de potentiel recueillies aux bornes de cette résistance à une seconde lampe (lampe de réaction) L', dont le circuit de plaque contient une autre résistance R' disposée de telle sorte qu'elle fasse aussi partie du circuit de grille de la lampe L; à toute variation du potentiel de grille de la lampe amplificatrice, correspond une variation supplémentaire du potentiel de la même grille [1].

[1] Kallirotron (Taggart).

Soient K et K' les coefficients d'amplification en volts des lampes L et L', r et r' leurs résistances intérieures, supposons que leurs caractéristiques soient rectilignes, et que, R étant petit devant r, les potentiels de plaques puissent être considérés comme constants; le courant de plaque i de la lampe L est donné en fonction du potentiel de grille u par une expression de la forme

$$i = \text{const.} + \frac{r' + R'}{K'} \frac{1}{\frac{r(r' + R')}{KK'} - RR'} u.$$

Les valeurs des résistances R et R' peuvent être choisies de telle sorte que le coefficient d'amplification du système soit très grand, le système est alors au voisinage d'une discontinuité.

En combinant, par exemple, une lampe de réception dite de puissance et une lampe ordinaire, on peut prendre $R' = 40000$ ohms et R *variable de* 100 *à* 250 *ohms*.

L'appareil très simple ainsi réalisé se prête à un certain nombre d'applications variées que nous allons résumer. Il est intéressant de noter que toutes les expériences suivantes ont été faites avec le *même appareil*, qui ne contient en dehors des lampes qu'une résistance fixe et une résistance variable.

I. *Détection.* — Au voisinage de la valeur R_0 de R qui rend le coefficient d'amplification infini, l'expérience révèle une discontinuité irréversible : si, quand on fait croître lentement le potentiel de grille, l'augmentation brusque du courant de plaque se produit pour une valeur u du potentiel de grille, la diminution inverse ne se produira que pour une valeur u' plus petite; la différence $u - u'$ est d'autant plus grande que $R - R_0$ est aussi plus grand et tend vers zéro en même temps que cette quantité.

Par suite, des oscillations assez amples pour provoquer chaque fois l'augmentation et la diminution du courant peuvent être directement enregistrées. On dispose alors d'un véritable relais par tout ou rien, présentant l'avantage sur les relais mécaniques de n'avoir aucun retard appréciable, et de plus, de détecter les courants de toute fréquence. Une seule lampe à réaction permet ainsi d'enregistrer par oscillographe à plume tous les signaux reçus convenablement au casque.

II. *Antiparasite.* — Si l'on règle R de façon que les signaux ne débordent que très légèrement l'intervalle uu' du paragraphe précédent, on élimine *tous* les atmosphériques d'amplitude inférieure aux signaux, trop faibles

pour provoquer la variation brusque du courant de plaque : le relais ne fonctionne pas pour eux.

III. *Amplification.* — En donnant à R une valeur légèrement inférieure à R_0, on obtient une forte amplification continue, pour toutes les fréquences. L'application de ce montage à l'amplification des variations de courants continus m'a permis de donner à mon électromètre amplificateur une sensibilité 10 fois supérieure à celle que j'ai indiquée dans une Note précédente [1], tout en supprimant les batteries de liaisons entre les étages d'amplification, et par suite en diminuant l'encombrement et les sources de perturbations.

En basse fréquence l'amplification par une seule lampe avec réaction correspond à celle qu'on obtient avec trois étages ordinaires.

IV. *Oscillateur.* — Si l'on introduit un circuit oscillant *soit* dans le circuit de grille, *soit* dans le circuit de plaque, il oscille avec sa fréquence propre, quelle qu'elle soit. Un condensateur shunté par une résistance est aussi le siège de charges et de décharges régulières, pour des valeurs de R correspondant à la discontinuité. La constante de temps d'un tel système ayant été amenée *au voisinage d'une seconde*, la proximité d'une pendule à contact a suffi à maintenir le synchronisme absolu.

La combinaison de ce montage et du procédé d'émission de signaux par des pendules, sans contacts, que nous avons exposé précédemment [2] constituerait un ensemble très simple d'*enregistrement* de battements dans les observatoires (une lampe à l'émission, deux lampes à la réception).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Perméabilité sélective des membranes. Influence du calibre de leurs interstices.* Note [3] de Mlle **Choucroun**, transmise par M. Jean Perrin.

Quand on réunit par un siphon deux solutions inégalement concentrées d'un même électrolyte, il s'établit entre elles une différence de potentiel due à la diffusion de l'ion le plus rapide vers la solution la plus diluée. Si alors on sépare les deux solutions par une membrane de vessie de porc, ce voltage ne change pas quand l'électrolyte est neutre, mais, selon les cas, il

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2171.
(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 321.
(3) Séance du 8 août 1927.

croît ou décroît très notablement, quand l'électrolyte est acide ou basique ([1]).

Cette polarisation se retrouve avec les membranes artificielles obtenues par tassement de particules choisies à volonté ([2]). On peut en particulier construire avec des sphérules identiques un système lacunaire analogue à un empilement de boulets, où la grandeur des interstices est proportionnelle au diamètre des sphérules.

Ayant construit des membranes avec des sphérules de gomme-gutte et profitant de ce que la charge toujours négative de cette substance ([2]) s'annule pratiquement en milieu franchement acide, j'avais ainsi pu constater qu'avec une membrane neutre, la polarisation ne se produit plus. Ceci démontrait le rôle nécessaire (prévu par M. Girard) de l'électrisation de contact dans cette polarisation.

Dans le champ électrique produit par la force électromotrice du couple liquide, cette électrisation de contact développe, grâce à l'osmose électrique, une force contrélectromotrice de filtration qui abaisse nécessairement le voltage. Mais comme on observe parfois une augmentation du voltage et aussi bien d'ailleurs un renversement de son signe, il faut qu'une autre cause intervienne.

Considérons un cas, celui du carbonate de potassium par exemple, où l'interposition du septum entraîne une augmentation du voltage. En l'absence de septum, le champ est dû à ce que les ions CO_3^{--} diffusent moins vite que les ions K^+. Puisque ce champ grandit encore par interposition de la membrane (malgré la force contrélectromotrice de filtration) c'est probablement parce que les ions CO_3^{--} sont arrêtés par le septum. Ils peuvent l'être en effet si les interstices ont une étroitesse telle que ces ions (bivalents) ne puissent s'y engager, non parce qu'ils sont trop gros, mais parce qu'ils sont fortement repoussés par les charges négatives qui tapissent la paroi des interstices.

On doit donc obtenir, avec des membranes qui diffèrent seulement par une texture plus ou moins serrée, des polarisations différentes et d'autant plus grandes que les interstices sont plus petits (et je me propose d'établir quantitativement l'influence du calibre en construisant des membranes avec des sphérules uniformes de diamètres différents).

Pour l'instant j'ai expérimenté avec des septums faits de gelées. On peut

---

([1]) Pierre Girard, *J. Chimie physique*, 17, 1920, p. 383.

([2]) F. Choucroun, *J. Chimie physique*, 20, 1923, p. 430 et 359.

penser que dans une gelée de gélatine, la grandeur des interstices est d'autant plus faible que la concentration en gélatine est plus grande. Et que, dans les mêmes conditions, les polarisations obtenues avec ces membranes doivent être d'autant plus grandes que la concentration en gélatine est plus grande. Il fallait comparer des gelées « chargées » de la même manière, des gelées dans le même état d'ionisation. J'ai ainsi préparé, à partir de gélatine isoélectrique, des gelées acides et des gelées alcalines à 2 et à 6 pour 100. Dans une même expérience, on substitue successivement au siphon qui permet la mesure du voltage les tubes en U pleins de gelée et l'on mesure le voltage après chaque interposition.

Considérons le couple constitué par de l'acide chlorhydrique normal et de l'eau. En le cloisonnant avec des gelées « acides », je m'attendais à obtenir (comme avec la vessie de porc et la gomme-gutte) seulement un abaissement du voltage. Mais j'ai observé, même avec la membrane la moins riche en gélatine, un renversement de son signe (Tableau), ce qui correspond à une *diffusion retardée des ions* H^+ *par rapport à celle des ions* Cl^- *et ceci malgré leur mobilité beaucoup plus grande*.

Il faut donc admettre que ces gelées ont des interstices assez étroits pour que même les ions H^+ ne puissent s'y engager, repoussés par les charges positives des interstices.

Avec des gelées alcalines, j'ai obtenu pour les ions OH^- un résultat analogue, mais cette fois le renversement du signe du voltage se produisait seulement avec la gélatine concentrée (Tableau).

Tableau des forces électromotrices en millivolts.

Couples liquides.		Cloisonnés par gelées acides. 2 %	6 %	Couples liquides.		Cloisonnés par gelées alcalines. 2 %	6 %
HCl/eau..	−24	+16	+78	KOH.....	+30	+7	−12
KCl/eau..	0	+13	+22	KCl/eau..	0	−12	−26

Considérons maintenant un couple liquide constitué par du chlorure de potassium et de l'eau. En l'absence de membrane, le voltage est nul, les ions K et Cl ayant des mobilités égales. Interposons entre les éléments de ce couple une membrane de gélatine « acide » puis une membrane de gélatine « alcaline ». Nous devons observer dans le premier cas l'apparition d'une force électromotrice due à l'arrêt des ions K^+ par les parois positives des interstices; dans le second cas une force électromotrice de sens inverse due à l'arrêt des ions Cl^- par les parois négatives. C'est bien ce que l'on

vérifie : le voltage, nul en l'absence de membrane, devient positif (diffusion plus rapide des ions Cl^-) avec la gelée « acide », et devient négatif (diffusion plus rapide des ions K^+) avec la gelée « alcaline »; ces voltages étant toujours d'autant plus élevés que le feutrage est plus serré (Tableau).

La connaissance des diverses causes qui déterminent la perméabilité sélective des membranes aux ions, et en particulier aux ions H^+ et OH^-, peut avoir en Biologie une certaine importance. Tous les échanges se font dans l'organisme, ou dans la cellule, au travers de parois ou de gelées, qui plongent dans des milieux riches en électrolytes, de pH variable. Nous comprenons comment une variation du pH du milieu peut troubler l'équilibre, chaque pH fixant par son signe non seulement l'osmose électrique, mais aussi la sorte d'ions (positifs ou négatifs) qui est gênée dans sa diffusion, et qui l'est d'autant plus, que la texture de la membrane est plus serrée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des dérivées organomagnésiens de Grignard*. Note (¹) de M. **D. Ivanoff**, transmise par M. V. Grignard.

Les travaux déjà nombreux effectués sur cette question n'ont pas encore permis de choisir entre la formule asymétrique, RMgX, de Grignard, et la formule symétrique, R^2Mg, MgX^2, de Jolibois (²).

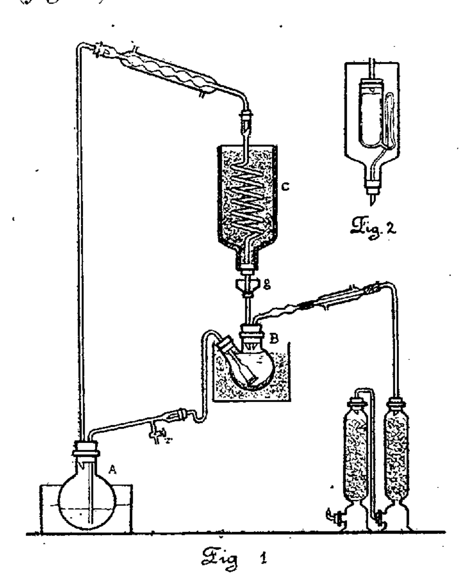
J'ai pensé qu'en soumettant à l'extraction par l'éther les produits de carbonatation des magnésiens, je pourrais établir une discrimination entre les deux formules. Si ces corps répondent à la formule asymétrique RCO^2MgX, l'halogénure de magnésium ne doit pas quitter le complexe, tandis que dans le cas de la formule symétrique, $(RCO^2)^2Mg$, MgX^2, cette extraction doit être possible.

Ce sont les dérivés chloromagnésiens (et quelques bromo-) qui se prêtent le mieux à cette opération en raison de leur état cristallin et de leur faible solubilité dans l'éther. Dans la série aliphatique, cette solubilité augmente d'ailleurs avec la condensation en C.

(¹) Séance du 17 août 1927.

(²) Voir Grignard, *Bull. Soc. chim.*, **13**, 1913, Conférence, p. v. — Jolibois, *Comptes rendus*, **155**, 1912, p. 353; **183**, 1926, p. 971. — Terentjew, *Zeit. anorg. Ch.*, **156**, 1926, p. 73. — Kierzek, *Bull. Soc. chim.*, **42**, 1927, p. 759. — A. Job, *Bull. Soc. chim.*, **39**, 1926, p. 583. — Grignard et Fluchaire, *Bull. Soc. chim.*, **39**, 1926, p. 30.

J'ai soumis à l'épuisement par l'éther anhydre, à différentes températures, le bromure d'éthylmagnésium carbonaté et, dans ce but, j'ai utilisé l'appareil ci-dessous (*fig.* 1).



A, ballon de 500$^{cm^3}$ contenant l'éther anhydre; C, serpentin plongé dans une cloche calorifugée; B, ballon-laboratoire contenant la substance à extraire et muni d'un réfrigérant ascendant avec colonnes de $Ca Cl^2$; *g*, godet destiné à arrêter l'eau condensée sur les parois.

Le solvant se siphonne automatiquement au travers d'un filtre en crêpe de Chine pour revenir en A. Le robinet *r* permet de faire des prises d'essai. L'appareil peut servir pour toutes sortes d'extractions à basse température en employant le dispositif représenté par la figure 2.

Mode opératoire. — On part d'un poids déterminé de C^2H^5Br pur (environ 0,02 mol-gr); on en fait le magnésien dans le ballon B et l'on carbonate à —20°, en vase fermé (¹). Rendement 88 pour 100, par rapport à C^2H^5Br. Les extractions ont été effectuées sur le produit brut. On hydrolyse séparément l'extrait éthéré et le résidu par HNO^3 dilué; on dose Br en AgBr et Mg en $Mg^2P^2O^7$. L'acide propionique restant dans la solution aqueuse est extrait après saturation par NaCl. Les pourcentages indiqués pour Br et Mg sont calculés sur le C^2H^5Br initial, tandis que, pour l'acide propionique, ils sont rapportés au rendement trouvé, de 88 pour 100.

Voici les résultats obtenus :

(¹) Ivanoff, *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 48.

	Durée de l'extraction (en heures).	T.	Brome extrait (pour 100).	Brome non extrait (pour 100).	Acide propionique extrait (pour 100).	Acide propionique non extrait (pour 100).	Mg extrait (pour 100).
I.....	65	ord.	51	42	6	68	30
II.....	90	28°	62	31	21	67	34
III....	192	ord.	73	22	13	56	-
IV....	240	»	-	24	-	58	-
V.....	106	0°	60	31	9	69	34
VI....	120	—18°	50	-	-	-	-

Le déficit sur le Br total provient d'une erreur systématique due à la volatilité de C^2H^5Br et de la difficulté de faire des prélèvements précis pour les dosages, le liquide hydroéthéré adhérant fortement à la pipette.

A partir de l'essai III, le sel magnésien était étalé en couche mince pour faciliter l'extraction.

D'après le tableau ci-dessus, on voit que $MgBr^2$ est extrait en forte proportion, tandis que le proponiate de magnésium reste en grande partie indissous. Dans les quatre premières expériences, on pourrait craindre que la forme symétrique du complexe ne résulte de la transposition de la forme mixte sous l'influence de la température; c'est pourquoi les deux derniers essais ont été faits à basse température. Les résultats ont été les mêmes.

On peut, pensons-nous, en tirer la conclusion suivante : *le passage en solution éthérée du* $MgBr^2$ *ne peut s'expliquer que par la présence de la forme symétrique dont l'existence dans les magnésiens carbonatés se trouve ainsi démontrée.*

Remarques à la Note précédente de M. D. Ivanoff, par M. V. **Grignard**.

Les laborieux essais exécutés par M. D. Ivanoff dans mon laboratoire ne sont pas, du point de vue purement analytique, exempts de toute critique. On s'en aperçoit immédiatement en essayant de faire le bilan des diverses opérations.

Cependant, que l'acide organique soit extrait sous la forme de $(RCO^2)^2Mg$ ou de RCO^2MgBr, il n'en est pas moins démontré que le brome passe beaucoup plus vite en solution éthérée que l'acide organique, c'est-à-dire que l'halogène doit se dissoudre indépendamment de l'acide et, par suite, à l'état de $MgBr^2$.

Mais si l'on considère que le $MgBr^2$, à l'état d'éthérate, est soluble

jusqu'à 45,74 pour 100, vers la température optima de 28°, tandis qu'à 0°, sa solubilité n'est que de 0,08 pour 100 (¹), on est frappé, non seulement, de la lenteur de la dissolution, mais encore de la faible différence entre les quantités de Br extraites à 0° et à 28°.

Si donc, on peut admettre avec M. Ivanoff que la solution éthérée du sel magnésien mixte contient du $MgBr^2$ extractible, on est également conduit à penser qu'à un instant donné, il n'en existe qu'une très faible proportion, résultant de l'équilibre réversible

$$2\,RCO^2MgBr \rightleftharpoons (RCO^2)^2Mg.MgBr^2$$

par lequel la réaction est presque intégrale de la droite vers la gauche.

Il y a vraisemblablement ici parallélisme avec la réaction que M. Fluchaire et moi (²) avons pu constater directement sur les alcoolates magnésiens, en milieu éthéré :

$$(RO)^2Mg + MgBr^2 = 2\,ROMgBr$$

et qui, elle aussi, admet, sans doute, une faible réversibilité.

On objectera peut-être que la libération de $MgBr^2$ résulte plutôt de l'équilibre

$$(RCO^2)^2Mg,\ MgBr^2 \rightleftharpoons (RCO^2)^2Mg + MgBr^2.$$

Mais admettre que le complexe de M. Jolibois, R^2Mg, MgX^2, conserve sa solidité au cours de toutes les réactions magnésiennes, n'est-ce pas admettre que ce complexe possède, en réalité, une constitution plus compatible avec cette stabilité?

Je ne m'arrête pas à l'argument du poids moléculaire qui, comme je l'ai déjà dit ailleurs (³) me paraît être sans valeur parce que les exemples d'associations moléculaires ne sont pas exceptionnels, et du fait, principalement, que les combinaisons éthéro-organo-aluminiques mixtes (⁴) possèdent, comme les éthéro-organomagnésiens, un poids moléculaire double, alors que celui-ci devrait être triple si la constitution symétrique avait des raisons profondes d'exister, à l'exclusion de la forme mixte :

$$3\,I\,Al(C^2H^5)^2 = 2\,Al(C^2H^5)^3,\ AlI^3,$$
$$3\,I^2Al(C^2H^5) = Al(C^2H^5)^3,\ 2\,AlI^2.$$

(¹) MENSCHUTKIN, *Zeits. für anorg. Ch.*, 49, 1906, p. 34.

(²) Ces recherches seront publiées prochainement dans un autre Recueil.

(³) *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 760.

(⁴) GRIGNARD et JENKINS, *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 1376.

Nous pouvons donc retenir de l'intéressant travail de M. Ivanoff l'existence d'un équilibre entre les deux formes [1], mais nous y trouverons aussi une raison expérimentale de penser que la forme mixte doit être à peu près exclusive.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des environs de Sarrancolin (Hautes-Pyrénées).* Note [2] de M. **Pierre Viennot**, transmise par M. Pierre Termier.

MM. Jacob et Astre ont mis récemment en doute, à la suite d'une étude détaillée de la région Siradan-Antichan [3], l'existence du lambeau de la Barousse rapporté à la nappe C par M. Léon Bertrand, auteur de la feuille de Bagnères-de-Luchon de la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$. Cette donnée nouvelle m'a incité à examiner l'extrémité NW de cette feuille et à revoir mes propres contours sur le versant occidental de la vallée de la Neste [4].

Il n'existe pas plus de contact anormal aux environs de Haut-Nistos et du Col de Stivère qu'à la traversée de la Garonne. L'anticlinal qui se ferme dans les pentes dominant à l'Est le Haut-Nistos, se développe et s'ouvre, en prenant une direction E-W, sur le versant méridional du vallon de Castenne, où son axe montre successivement : les calcaires liasiques, un peu de cargneule triasique, puis les grès et schistes roses du Permo-Trias, en continuité avec ceux de la cote 1511, au Nord du Col de Loyos. Cet anticlinal est séparé de la masse primaire de la Barousse, sur les deux rives du ruisseau de Nistos, par un synclinal dissymétrique et ouvert au Nord, dont l'axe est constitué, sur la rive droite, par le calcaire aptien du Pic de Pécare, tandis que, sur la rive gauche, on ne trouve sur le Lias que la dolomie jurassique supportant un témoin allongé d'un calcaire lité gris, ne montrant que des traces de fossiles indéterminables, mais attribuable aussi au Jurassique par comparaison avec la série de Haut-Nistos. Ce calcaire a été, sur la feuille de Bagnères, figuré en Aptien, et en continuité à travers le vallon de Castenne avec celui de la cote 1450, au Nord du Col de Stivère.

Or le calcaire aptien de la cote 1450 reste au Nord du vallon de Castenne.

---

(1) Équilibre qui se conçoit dans un milieu qui n'est nullement dépourvu de pouvoir ionisant.

(2) Séance du 22 août 1927.

(3) Ch. Jacob et G. Astre, *Le front du Massif de la Barousse à la traversée de la vallée de la Garonne* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Toulouse*, **56**, 1927, p. 281-288).

(4) P. Viennot, *Recherches structurales dans les Pyrénées occidentales françaises* (*Bull. Carte géol. Fr.*, n° **163**, 1927, *passim*).

Il est bordé au Sud, dans ce vallon, par la série jurassique, qui comporte du haut en bas : une bande de dolomie noire, un horizon de calcaire gris lité, avec traces de fossiles, formant barrière à pic tout le long du vallon, puis la masse des dolomies noires et le Lias.

L'*horizon calcaire du Jurassique* se distingue très nettement jusque dans la voûte anticlinale à l'Est de Haut-Nistos. Il se poursuit aussi à l'Ouest du Col de Stivère, mais il est très caché par la forêt, et il traverse la vallée de la Neste au voisinage immédiat du village de Rebouc. Il avait été englobé dans l'Aptien sur les deux feuilles de Bagnères et de Luz. Son faciès, assez trompeur, me l'avait fait aussi attribuer à l'Urgonien lors de mon exploration antérieure du ravin de Bouchedet (*op. cit.*, p. 112). Ayant découvert une bande de dolomie jurassique sur son bord nord, je l'avais interprété comme le calcaire aptien laminé du lambeau de la Barousse; je n'avais pas réussi, d'autre part, à mettre en évidence sa continuité vers l'Ouest au milieu de la forêt dense qui couvre la tête du ravin. En montant dans les glissières d'exploitation du bois, j'ai pu me convaincre de cette continuité vers le flanc nord de la cote 1317. Ainsi, *il n'existe aucun contact anormal sur le bord septentrional du massif de la Barousse, qui se présente comme un grand anticlinal à noyau primaire*, dont l'axe se poursuit par la bande triasique figurée sur ma carte au $\frac{1}{200000}$, en direction du Col de Lhéris.

Le contact entre le massif primaire et la bande des couches secondaires nettement métamorphisées d'Ilhet (qu'on doit rapporter au flanc sud du grand anticlinal) présente toutefois des anomalies indiscutables (lame de dolomie jurassique au Nord de l'église de Sarrancolin, ...). Mais ces anomalies n'ont pas l'importance que leur accorde la feuille de Bagnères. Celle-ci figure le contact entre Primaire et Secondaire, le long du ruisseau de Baricave, comme une ligne de chevauchement prenant en écharpe un grand synclinal de schistes albiens métamorphisés. Il n'en est pas ainsi, et ce synclinal, dont l'axe reste parallèle au contact entre Primaire et Secondaire, se termine en l'air vers la cote 1284. Les schistes représentés par la feuille comme albiens à l'Ouest de la cote 1695 sont peut-être liasiques. J'ai trouvé d'ailleurs en plusieurs points, le long du ruisseau de Baricave, des calcaires jaunes de faciès triasique, de sorte que les laminages, le long de ce ravin, ne doivent avoir qu'une importance secondaire. Les pendages de la série secondaire marmorisée et « dipyrisée » sont voisins de 90°.

Tout l'anticlinal de la Barousse doit être rapporté à la série B, conformément aux conclusions émises par MM. Jacob et Astre à la suite de leur étude dans la vallée de la Garonne.

Mais un grand contact anormal sépare au Sud cette série B de la couverture secondaire de la zone primaire axiale. J'ai décrit (*op. cit.*, p. 113 et suiv.) les particularités de ce contact à l'Ouest de la Neste. Vers l'Est, sur la feuille de Bagnères, il conserve le même caractère : il prend en écharpe le marbre dit de Sarrancolin (où j'ai trouvé de nombreuses sections de grands Rudistes, rapportés à *Caprina adversa* par M. H. Douvillé); plus loin, une lame de schistes paléozoïques, figurée sur la feuille, sépare les calcaires métamorphiques appartenant à la série B du Keuper qui recouvre les grès permotriasiques et qui contient un important massif ophitique au Nord-Ouest du Col de Gembre. *Le marbre de Sarrancolin apparaît donc bien comme une formation localisée au voisinage immédiat de la vallée de la Neste.* Peut-être convient-il de le considérer comme un témoin de Cénomanien sur le bord septentrional de la zone primaire axiale. Il est, de toute façon, *tectoniquement indépendant du Massif de la Barousse.*

HYDROLOGIE ET PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur les gaz rares de quelques sources thermales de Bulgarie.* Note [1] de M. **N.-P. Péntcheff**, transmise par M. Charles Moureu.

Les recherches détaillées de Charles Moureu et Adolphe Lepape sur les gaz rares des sources thermales ayant montré l'importance scientifique de ces études, spécialement pour les théories concernant la Physique du Globe, nous nous sommes proposé de les poursuivre en Bulgarie, où abondent les sources thermales.

La méthode que nous avons suivie dans ces recherches est la suivante :

1° Isolement des gaz rares du gaz naturel qui les contient, en utilisant leur inertie chimique.

2° Étude qualitative des gaz par l'analyse spectrale.

3° Dosage de la quantité totale des gaz rares par des mesures directes des volumes du gaz naturel et celui des gaz rares qui en étaient extraits.

4° Dosage indirect de l'hélium et de l'argon par la densité du mélange global des gaz rares (l'étude qualitative montrait toujours que seuls ces deux gaz étaient présents en quantités appréciables).

Pour les trois premiers procédés, nous avons suivi les indications de

(1) Séance du 22 août 1927.

Moureu et Lepape, en modifiant un peu les appareils. Elles nous ont donné des résultats très satifaisants.

Pour l'application du quatrième procédé, la densité du mélange des gaz rares a été déterminée d'après la méthode de Dumas, convenablement modifiée et contrôlée par la détermination de la densité de l'air et celle des gaz rares qui en étaient isolés. Les ballons en verre ($2\text{-}4^{cm^3}$) ont été pesés à la micro-balance Kuhlmann-Pregl. Les manipulations avec ces petits ballons ont imposé une modification convenable des procédés employés dans des conditions ordinaires, ce qui a permis d'atteindre une précision de 0,1 pour 100.

Le tableau suivant résume les résultats (¹) obtenus pour trois sources thermales de Bulgarie :

Stations et sources.	Gaz rares en blocs (pour 100).	Densité (gr. par litre).	He (pour 100).	Ar (pour 100).
Soulou-Dervent (Momina-Bania)..	1,81	1,564	0,25	1,56
Kaménitza (le bain).............	1,64	1,569	0,22	1,42
Hissar (bain Kuptchez)..........	1,40	1,711	0,064	1,336

Pour les gaz ordinaires des mêmes sources, nous avons obtenu les résultats suivants :

Stations et sources.	Anhydride carbonique.	Oxygène.	Gaz combustibles (²) (pour 100).	Azote. (pour 100).
Soulou-Dervent (Momina-Bania).	traces	traces	0,7	97,49
Kaménitza (le bain)............	»	»	3,21	95,15
Hissar (bain Kuptchez)..........	»	»	0,3	98,3

Les rapports suivants qui résultent de nos recherches appuient la théorie astrophysique de Moureu et Lepape :

Stations et sources.	$\frac{He}{Ar}$.	$\frac{\frac{He}{Ar}\text{(source)}}{\frac{He}{Ar}\text{(air) (3)}}$.	$\frac{Ar}{N}\cdot 10^2$.	$\frac{\frac{Ar}{N}\text{(source)}}{\frac{Ar}{N}\text{(air) (3)}}$.
Soulou-Dervent (Momina-Bania).	0,158	273,0	1,60	1,36
Kaménitza (le bain)............	0,154	266,0	1,49	1,26
Hissar (bain Kuptchez)..........	0,048	82,7	1,36	1,15

(¹) Ces résultats expriment la composition centésimale, en volumes, des gaz spontanés secs.

(²) Calculés comme hydrogène.

(³) $\frac{He}{Ar}$ (air), $\frac{Ar}{N}$ (air) pris pour unités.

Quant à la radioactivité des sources étudiées, d'après les mesures de M. P. B. Péntcheff, elle est la suivante :

Sources et stations.	Par litre d'eau.	Par litre de gaz.
Soulou-Dervent (Momina-Bania)...	560 curie 10^{-10}	6100 curie 10^{-10}
Kaménitza (le bain)...............	5,6 »	50 »
Hissar (bain Kuptchez)............	46 »	295 »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des tumeurs spontanées.* Note [1] de MM. **F. d'Hérelle** et **E. Peyre**, présentée par M. A. Desgrez.

Au cours de ces six dernières années, nous avons examiné seize tumeurs, onze sarcomes et cinq épithéliomes, toutes d'origine humaine, excisées avant tout processus ulcératif, soit par biopsie, soit par nécropsie. Nous avons toujours pu isoler le *Micrococcus neoformans;* seulement, nous apportons ce fait nouveau que le *Micrococcus neoformans* offre tous les caractères d'une culture mixte, d'une symbiose staphylocoque-bactériophage. Pour qui, d'ailleurs, connaît les cultures mixtes, les descriptions qui en furent données sont déjà significatives.

On sait que la symbiose *équilibrée*, bactérie-bactériophage, est très difficile à briser, souvent même impossible, par les procédés actuellement connus. Nous avons pourtant réussi, dans deux cas (un sarcome et un épithéliome) à isoler, d'une part, un staphylocoque en culture ultrapure, d'autre part, un bactériophage virulent pour le staphylocoque; le *Micrococcus neoformans* ne constitue pas une espèce botanique, c'est une culture mixte bactériophage-staphylocoque.

On sait que, sous l'influence du parasitisme par le bactériophage, il y a formation, par la bactérie, de formes protobactériennes infravisibles et filtrantes. Nous avons recherché ces formes dans sept filtrats obtenus à partir de tumeurs (2 épithéliomes, 5 sarcomes). Nous avons pu les mettre en évidence dans six d'entre eux (2 épithéliomes, 4 sarcomes).

Ces observations, jointes à celles que nous avons faites en ce qui concerne les tumeurs expérimentales, suggèrent l'hypothèse que l'agent qui provoque la prolifération cellulaire désordonnée pourrait être la forme

---

(1) Séance du 17 août 1927.

protobactérienne d'une bactérie (symbiose bactérie-bactériophage) généralement d'un staphylocoque.

Somme toute, quelle que soit la tumeur, et quel que soit l'organisme qu'elle affecte, le processus serait toujours identique et comporterait une série de phénomènes dont les conditions premières seraient les suivantes :

1° Présence d'une bactérie au sein du tissu où les conditions secondaires adjuvantes favorisent le microbisme latent (cicatrices, irritations, etc.).

2° La présence d'un bactériophage (être ubiquitaire).

3° L'adaptation d'un bactériophage à la bactérie qu'il parasite (condition généralement réalisable dans la nature).

4° Acquisition par la bactérie de la résistance vis-à-vis du bactériophage (autre condition fréquemment réalisée dans la nature).

5° Production de formes protobactériennes (résultant de la symbiose bactérie-bactériophage) et susceptibles d'agir comme virus filtrant).

6° Adaptation de la protobactérie qui semble parasiter les cellules du tissu néoformé. Cette adaptation doit être très lente à se réaliser, à moins de circonstances favorisantes spéciales. Parmi ces conditions favorisantes figureraient certaines irritations réalisées naturellement (comme la suie chez les ramoneurs, la chaleur appliquée localement chez les habitants du Cachemire, les morsures répétées de parasites animaux, etc.), ou expérimentalement (badigeonnage au goudron, administration de composés chimiques, arsenicaux ou autres, etc.).

7° Réaction de la cellule, sous l'effet du parasitisme par la protobactérie, réaction qui se traduit d'ailleurs toujours de la même manière [1], par une accélération du rythme de la division.

Si cette hypothèse sur l'étiologie des tumeurs était vraie, pourra-t-on dire, il devrait être toujours possible de transmettre toute tumeur en série, soit par greffe, soit par injection de filtrat de tumeur ou de culture mixte. L'hypothèse formulée n'entraîne nullement une semblable conséquence. Du fait que la forme protobactérienne d'une bactérie, d'un staphylocoque, par exemple, acquiert une virulence susceptible de lui permettre de parasiter une cellule d'un tissu, cela n'implique pas que cette virulence puisse se manifester d'emblée vis-à-vis des cellules homologues d'un autre être de même espèce. Au début de ses expériences, Peyton Rous ne pouvait infecter que des poules, non pas seulement de même variété, mais encore de même souche : celle à laquelle appartenait l'animal chez lequel s'était spontanément produite la tumeur. Ce n'est qu'au cours des passages successifs que la virulence s'est étendue, d'abord aux poules de même variété,

(1) F. d'Hérelle, *Immunity in natural infectious Disease* (Williams and Wilkins, édit., 1924).

puis de même race, et, enfin, à tous les animaux appartenant à l'espèce.

Rien ne s'oppose *a priori* à la conception que la virulence première puisse être plus stricte encore et se limiter à un type de cellules possédant un état spécial de réceptivité et pour le seul être chez lequel s'est effectué le processus de l'adaptation de la protobactérie au parasitisme cellulaire. Ainsi se réaliserait le type de la maladie parasitaire non transmissible dans les conditions naturelles, puisqu'elle implique la contribution de facteurs multiples rarement réunis. En fait de transmission expérimentale d'ailleurs, le dernier mot ne sera dit que le jour où nous connaîtrons ce complexe d'adaptation inconnu d'où résulte la virulence.

M. **Henri Mémery** adresse une Note intitulée *Quelques remarques sur les causes probables du temps frais et pluvieux de l'été* 1927.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 juillet 1927.)

Note de M. *Henri Coupin*, Sur la nutrition carbonée du *Penicillium glaucum* à l'aide de composés organiques de la série aromatique :

Page 146, ligne 18, après le dernier mot (bleues), *ajouter :*

Il faut aussi noter qu'à la longue — un mois environ — le *Penicillium* se développe dans les milieux contenant de la *résorcine* (mycélium stérile flottant au fond du liquide) ou de l'*hydroquinone* (mycélium couvert de conidies d'aspect un peu anormal et formant une croûte flottant à la surface du liquide), mais, vu le retard dans l'utilisation de ces deux phénols diatomiques, on peut se demander s'ils ne se sont pas transformés peu à peu en d'autres composés assimilables.

(Séance du 1er août 1927.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Sur la résistance de l'eau à la translation des carènes :

Page 320, formule (7), remplacer β par p et $1 - \frac{\log v'}{\log w}$ par $\log w - \log v'$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1927.

Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Syrie (avril 1908). Tome Ier : *Récit du voyage et liste méthodique des animaux récoltés en Syrie*, par HENRI GADEAU DE KERVILLE. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1926; 1 vol. 25cm,5.

D'Europe en Amérique par le pôle Nord, par ROALD AMUNDSEN et LINCOLN ELLSWORTH; relation établie par CHARLES RABOT. Paris, Albin Michel, 1927; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Lallemand.)

Théorie des phénomènes monétaires. Statique, par JACQUES RUEFF. Paris, Payot, 1927; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Émile Borel.)

Introduction générale à la photométrie, par CHARLES FABRY. Paris, *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1927; 1 vol. 24cm,5.

Contribution à l'étiologie du cancer, par G. LAKHOVSKY. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 31cm,5. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles avec des applications à la physique mathématique, par ÉMILE PICARD. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 25cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yatch par ALBERT Ier, *prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de* M. JULES RICHARD.

Fasc. LXXI : *Mollusques Hétéropodes et Euptéropodes provenant des campagnes des yachts* Princesse Alice I et II *et* Hirondelle II, par A. VAYSSIÈRE.

Fasc. LXXII : *Mollusques provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco dans l'Océan Atlantique et dans le golfe de Gascogne*, par PH. DAUTZENBERG. Monaco, 1927; 1 vol. 35cm,5. (Présenté par M. Louis Joubin.)

Les schistes bitumineux du Toarcien de la Haute-Saône, les huiles lourdes qu'ils renferment, par CAREY C. DOBBS. Besançon, Millot frères, 1927; 1 fasc. 25cm.

Cérémonie commémorative de Jean-Baptiste Dumas. Discours. Cannes, Syndicat d'initiative, 1927; 1 fasc. 21cm. (Présenté par M. Matignon.)

Les parfums, chimie et industrie, par PAUL JEANCARD. Paris, J.-B. Baillière, 1927; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Matignon.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 SEPTEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

La mort aveugle a enlevé à la section de Minéralogie le plus jeune de ses membres, en la personne de **Émile Haug**, professeur à la Sorbonne, décédé à Niederbronn (Bas-Rhin) le 28 août. Le collègue que nous avons perdu était né français, à Drusenheim, non loin de Niederbronn, le 19 juin 1861, d'un père notaire, qui eut le mérite de donner au pays quatre fils distingués. Il nous quitte à l'âge de 67 ans, dans toute la puissance de son activité de savant et de professeur, dans toute la fougue des enthousiasmes de la jeunesse.

Ce qu'avait été pour lui sa jeunesse et quelle influence elle eut sur sa vie, il prit soin de nous l'apprendre lui-même dans sa notice de titres. Dès mon enfance, déclare-t-il, « j'ai recueilli des fossiles en Alsace, aux environs de Niederbronn, où je passais mes vacances; je puis même dire que ce sont ces courses qui me donnèrent le goût des études géologiques ». Ainsi son premier amour avait été pour le sol natal, pour les pierres du pays. Dans cette noble passion, qui alla grandissant avec les années, Émile Haug devait trouver à la fois la joie et le tourment de sa vie entière; sa joie, parce qu'il lui était réservé de suivre les terrains aimés de Niederbronn, Trias et Jura, dans tous les pays du monde; son tourment, parce qu'il allait, grâce à elle, souffrir les déchirements imposés à ceux qui, pour toujours, étaient nés alsaciens et français.

La pente des terrains de Niederbronn l'avait amené à l'Université de Strasbourg, le penchant de son cœur le dirigea vers l'Université de Paris; assistant du professeur Benecke à Strasbourg, il devint assistant du pro-

fesseur Hébert à Paris. De cette évolution douloureuse, de ce passage dans deux écoles, il sut faire bénéficier la science. Accueillante à toutes les écoles, ouverte à toutes les inspirations, la science géologique allait recueillir de ce jeune savant, si solidement équipé, une somme de travail personnelle impressionnante.

On chercherait en vain, dans le domaine de la géologie, quel champ lui resta étranger? On n'y trouve qu'observations nouvelles, que contributions originales, dues à son activité concernant tous les étages stratifiés, empilés dans la série des temps passés. Il fait connaître avec une précision accrue leur composition en divers pays, leur ordre de succession, leurs relations réciproques, les caractères de leurs faunes. Il dessine des cartes et des coupes, détermine des animaux fossiles de toutes classes, réalise des progrès en tous sens jusqu'au jour où, fort de son expérience, il s'élève à la considération des problèmes géologiques les plus hauts, les plus beaux à ses yeux par leur portée philosophique.

L'origine du développement du monde organique le sollicite, comme le tente l'étude du mécanisme qui préside à l'évolution des chaînes de montagnes et des continents : entre ces deux grands sujets, il ne fait pas de choix, il embrasse les deux; l'un et l'autre l'attiraient également. La Sorbonne était en possession d'un maître qui marchait dignement dans le sillage d'Hébert, de Constant Prévost, de Brongniart.

Haug y cherchait la solution des problèmes les plus ardus de l'histoire de la Terre, en partant de l'observation pure. Observateur infatigable, il trouve, dans les collections de la Sorbonne et de l'École des Mines, à se reposer de ses escalades dans les Alpes de France et d'Autriche; observateur insatiable, il allait de musée en musée, d'Alpe en Alpe, avec la volonté inflexible de réaliser son idéal.

C'est dans ce laboratoire qui n'avait de bornes que dans sa fantaisie, que Haug pensa trouver parmi les Ammonites un groupe de fossiles à l'abri de la critique courante faite à la Paléontologie, d'avoir des archives incomplètes, où manquent à la fois des individus et des époques entières. L'abondance des représentants de ce groupe est telle, la solidité de leurs coquilles si grande, leur ornementation si variée, leur conservation à tous les âges, de l'embryon à l'adulte, si parfaite, qu'il se crut fondé dans l'espérance d'en réunir une série complète, et comme, d'autre part, il plaçait leur habitat dans des eaux profondes, il n'avait pas à redouter de lacunes entre les terrains qui les renferment. Les longues années que notre confrère passa dans le commerce de ces êtres, sa pénétration dans la foule immense de

leurs formes spécifiques, dans l'infinie variété de leurs manifestations, dans le détail de leur anatomie, la précision enfin de ses données sur leur ordre de succession, lui ont permis d'avancer plus qu'aucun autre dans la connaissance exacte de leurs relations et d'entrevoir leur filiation dans la série des temps. Il nous a appris l'existence de cinq phylums d'Ammonoïdés, évoluant parallèlement dès les époques les plus reculées et présentant dans leur longévité de grandes inégalités.

C'est dans l'étude des montagnes cependant que Haug devait donner sa mesure. De tous temps, l'étude des systèmes de montagnes a été la préoccupation ultime des meilleurs géologues; les accents d'Élie de Beaumont et de Marcel Bertrand vibrent encore dans cette enceinte.

Les idées sur les chaînes de montagnes ont fait beaucoup de chemin depuis le jour où ce dernier, étendant aux Alpes les résultats acquis par Gosselet dans l'Ardenne, montrait le rôle fondamental dans leur formation des refoulements latéraux, des nappes de charriage. L'étude de détail s'est substituée pour les montagnes à l'étude d'ensemble. Les données nouvelles se sont accumulées, la part de Haug dans les nouveaux résultats acquis est considérable; il n'est pas de progrès auquel son nom ne se trouve mêlé et quelques-uns des résultats les plus importants, comme l'application de la notion de faciès, lui appartiennent complètement. La distinction qu'il en a faite dans les diverses parties de la chaîne lui a permis de rattacher des nappes à leurs racines et de fixer les positions originelles, si lointaines parfois, de certaines d'entre elles, superposées, rapprochées par les charriages. « Nul, disait celui de nos confrères qui connaît le mieux les Alpes, n'a poussé plus loin que Haug l'étude des faciès dans ces montagnes, et ses travaux de stratigraphie sont venus corroborer merveilleusement le système tectonique de la chaîne et le parachever. »

Pour Haug, les mouvements de plissement, ou *mouvements orogéniques*, qui ont produit les synclinaux et les nappes horizontales ne sont pas les seuls qui aient affecté l'écorce terrestre; il en est d'autres dits par lui *épirogéniques* dont il a pu montrer l'importance et qui se traduisent par des oscillations verticales de la surface; ils affectent les zones plissées mais surtout les *aires continentales* qui les enserrent et ils produisent les transgressions et les régressions des terrains sédimentaires.

Pour pouvoir décomposer, en pensée, les mouvements qui élèvent les chaînes de montagnes sur l'emplacement des plis géosynclinaux (*mouvements orogéniques*) et ceux qui déterminent les oscillations verticales des aires continentales (*mouvements épirogéniques*), une condition préliminaire s'imposait, de déterminer avec précision l'âge et la succession des mouve-

ments subis. Sa solution a permis à Haug d'éclairer d'un jour nouveau l'histoire des montagnes et des continents.

Après les Alpes, les montagnes de la Provence réclamèrent l'attention de notre confrère. Le doux ciel de Provence ne brille pour le géologue que sur des ruines, débris de nappes rocheuses entassées, écroulées, déformées. Haug sut y voir une faveur particulière de la Fortune. Il les aborda avec la volonté de les relever dans une synthèse nouvelle. Il en entreprend le lever au $\frac{1}{10000}$, ce qui n'avait point encore été fait en France, en dresse des cartes au $\frac{1}{50000}$ et dans le monument qu'est sa *Monographie des nappes de recouvrement de la Basse-Provence*, si malencontreusement arrêtée par sa mort, la Provence apporte sa contribution aux théories de l'auteur.

La vaste scène de ses succès, poursuivis de Salzbourg aux rives de la Durance, n'avait pas suffi à son activité. Ses recherches géologiques et paléontologiques sur l'Afrique du Nord, et notamment le Sahara, à la suite des missions Foureau-Lamy, Ficheur, Chudeau, Gauthier, furent assez importantes pour le faire choisir comme Président, quand l'Association française pour l'avancement des Sciences se réunit à Tunis.

Les monts et les cimes ne devaient pas être seuls à témoigner en faveur des idées de Haug sur les déformations de l'écorce terrestre, il en a lui-même poursuivi l'application à toute la surface du globe et à toutes les époques géologiques en un Traité didactique de géologie qui constitue un de ses meilleurs titres scientifiques. Combien remarquable en effet s'affirmait ce livre, pour avoir été remarqué et loué par les lecteurs mêmes du célèbre Traité de Lapparent, qui venait de paraître, le seul du genre arrivé à sa 5e édition; il le fut assez pour qu'un spécialiste éminent ait pu dire qu'il était de ceux qui assurent l'avenir d'une science. Du jour de son apparition, Haug trouva dans les encouragements de l'amitié, dans l'accueil fait à son livre de Londres à Munich, la satisfaction suprême du travailleur assuré que son effort n'a pas été stérile.

Aujourd'hui retourné dans cette terre d'Alsace, d'où il était sorti, et qui lui était si chère, il repose à Niederbronn, au pied d'un bel arbre solitaire, devant la ligne bleue des Vosges qui domine l'humble cimetière de campagne. C'est là que les voix de plusieurs de nos confrères, que celle de l'Académie, représentée par M. de Margerie, se sont élevées pour rappeler devant une foule émue quelle place Émile Haug, professeur à la Sorbonne, président de la Société géologique de France, avait tenu parmi les géologues français, et pour saluer en sa mémoire le grand exemple d'une vie consacrée tout entière, et sans partage, au culte désintéressé de la science.

BIOLOGIE. — *Les lignées naturelles de Trichogrammes.* Note de M. **Paul Marchal.**

Dans une Note précédente (¹), qui traite de la biologie de ces petits Hyménoptères parasites, j'ai montré que la forme que j'ai désignée sous le nom de *Trichogramma cacæciæ* diffère du *Trichogramma evanescens* type par sa coloration claire, par sa reproduction parthénogénétique thélytoque et par le dimorphisme saisonnier de ses générations. J'ai fait voir en outre que la vitesse de son évolution se règle sur celle du développement embryonnaire de son hôte. En effet, dans la nature, sur son hôte habituel (pontes à longue diapause de la Tortricide du Cognassier et du Pommier, *Cacæcia rosana*), elle n'a que deux générations annuelles, l'une microptère incapable de voler, l'autre normalement ailée, toutes deux composées de femelles parthénogénétiques; son cycle est donc alors très différent de celui de la forme type du *Trichogramma evanescens* qui a 8 à 10 générations annuelles semblables et bisexuées, normalement ailées.

Au contraire, dans les élevages expérimentaux, lorsqu'on obtient le dépôt des œufs du *Trichogramma cacæciæ* dans des pontes de papillons à développement rapide, telles que celles de la Noctuelle du Chou (*Mamestra brassicæ*), l'évolution du parasite se poursuit sans arrêt et l'on observe une série de générations parthénogénétiques et ailées qui se succèdent au cours de la belle saison sans interruption, suivant un rythme parallèle à celui du *Trichogramma evanescens* (forme typique).

Naturellement j'ai cherché à faire l'expérience inverse de la précédente. J'ai mis le *Trichogramma evanescens* type en présence des pontes de *Cacæcia rosana;* mais, même en leur donnant des pontes venant d'être déposées par le Papillon, c'est-à-dire remplissant les conditions qui les rendent habituellement les plus attractives pour les Trichogrammes, je n'ai pu obtenir le dépôt des œufs du parasite à leur intérieur. Les différences dans la façon dont se comporte une bande de *Trichogramma evanescens* type venant d'éclore dans un tube de verre et à laquelle on offre alternativement une ponte de Cacæcia, puis une ponte de Noctuelle du Chou sont tout à fait frappantes. La première ponte reste indéfiniment déserte, tandis que la seconde devient, en peu d'instants, le lieu de concentration de tout un

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 489-493.

groupe de Trichogrammes activement occupés à piquer les œufs de la Noctuelle. Ce fait est d'autant plus remarquable que l'on sait avec quelle facilité le Trichogramme évanescent pond indifféremment dans des œufs groupés ou isolés et de formes ou de taille fort diverses.

Une telle divergence dans le comportement fait pressentir que des différences fondamentales doivent exister entre le *Trichogramma cacœciæ* et le *Trichogramma evanescens* (forme typique). C'est ce qui ressortira des faits suivants :

1° J'ai élevé, au cours de cet été, pendant plusieurs générations [1], une lignée de *Trichogramma cacœciæ* dans des pontes de Noctuelle du Chou ou dans des œufs d'*Ephestia* et les Insectes ont conservé sans changements les caractères très spéciaux de leur coloration : si les différences qui existent entre les deux types au point de vue de la vitesse du développement doivent être considérées comme de nature phénotypique, les caractères de coloration qui différencient *T. cacœciæ* de *T. evanescens* sont donc au contraire de nature génotypique. Je n'entends pas d'ailleurs impliquer par là que, si l'on poursuivait l'expérience pendant un nombre de générations plus grand, il n'arriverait pas un moment où se produiraient des modifications ou des mutations tendant à ramener l'un des types vers l'autre. Mais je n'ai rien constaté qui puisse le faire prévoir.

2° J'ai essayé de croiser les deux formes entre elles : j'ai mis les femelles normalement parthénogénétiques de *T. cacœciæ* en présence de mâles de *T. evanescens* (forme typique); bien que ces femelles aient toujours paru éviter la rencontre des mâles, ceux-ci parvinrent pourtant à diverses reprises à s'accoupler avec un certain nombre d'entre elles. J'ai fait pondre alors ces femelles ayant été accouplées dans des pontes de Noctuelle du Chou et j'ai obtenu leur descendance. Or tous les individus présentaient les caractères maternels sans aucun caractère paternel; il en fut de même d'ailleurs pour la génération suivante (génération F^2). Il résulte de ce qui précède que le croisement *T. cacœciæ* ♀ × *T. evanescens* ♂ paraît impossible et que, malgré les accouplements, les œufs de la première forme ne sont pas fécondés et se développent parthénogénétiquement.

Il serait intéressant de rechercher si le croisement inverse est possible et, en ce cas, à quelles formes il conduirait; mais, en raison de l'extrême rareté des mâles [2] de *T. cacœciæ*, cette expérience paraît difficilement

---

(1) Trois depuis le mois de juin jusqu'au moment où cette Note est écrite (fin d'août); l'expérience est toujours en cours et la quatrième génération est en voie d'évolution.

(2) Tout au moins dans la région où j'ai poursuivi mes observations.

réalisable. Quoi qu'il en soit, ce qui précède suffit pour mettre en évidence le haut degré d'indépendance auquel sont parvenues les deux formes.

Il conviendra d'autre part de poursuivre dans des stations diverses des études analogues à celle qui vient d'être esquissée : elles permettront sans aucun doute de pousser plus profondément l'analyse. J'ai commencé d'ailleurs à recueillir des observations dans cette voie. Je mentionnerai seulement ici que dans le centre de la France (Creuse), j'ai trouvé une forme génotypique naturelle qui par son comportement et son dimorphisme saisonnier est très semblable au *Trichogramma cacœciæ* d'Antony ; comme lui, elle se reproduit aussi par parthénogénèse thélytoque ; mais elle en diffère d'une façon constante, quels que soient les œufs dans lesquels on en poursuive l'élevage, par certains caractères de pigmentation (teinte jaune s'étendant au corps tout entier, sauf à quelques points de l'abdomen). Il est vraisemblable que si l'on poursuivait des observations dans la même voie, en faisant varier les origines tant au point de vue des stations que des hôtes naturels, on trouverait une longue série de lignées de Trichogrammes ayant la signification de races ou d'espèces élémentaires dont la parthénogénèse thélytoque aurait facilité la formation.

Un dernier point sur lequel l'attention doit être attirée est celui des différences cytologiques qui peuvent exister entre les formes précédemment signalées. Je n'ai pas encore fait de recherches dans cette direction. Étant donné pourtant ce que l'on sait aujourd'hui sur les races haploïdes, diploïdes et polyploïdes, ainsi que sur les relations de leurs caractères cytologiques avec la sexualité et la parthénogénèse (travaux d'Artom, Schrader, Vandel, Thomsen), on ne peut douter de l'intérêt que présenteraient des recherches tendant à fixer dans quelles proportions numériques se présentent les chromosomes chez les différentes formes de Trichogrammes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la recherche des solutions numériques d'un système quelconque d'équations algébriques entières à un nombre quelconque d'inconnues.* Note (¹) de M. **Riquier**.

Nous avons, dans une Note récente (²), examiné un cas particulier, réductible à l'Algèbre élémentaire, de la résolution numérique d'un sys-

(¹) Séance du 22 août 1927.

(²) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 429.

tème algébrique : le problème, envisagé dans toute sa généralité, se ramène, comme nous allons le faire voir, à la considération exclusive du cas signalé.

I. *Recherche des conditions nécessaires et suffisantes pour que* N *équations algébriques à l'inconnue x admettent quelque racine commune.*

Le cas de $N = 2$, traité par Euler, est classique. Si N est > 2, *le cas de* N *équations se ramène à celui de* $N - 1$ *équations* [1] : on peut dès lors, quel que soit N, effectuer, par voie de récurrence, l'élimination de x.

II. *Résolution numérique des systèmes algébriques; rappel du cas fondamental.*

Étant donné un système quelconque d'équations algébriques entières aux n inconnues $x, y, \ldots$, on lui fait correspondre, par l'application d'un mécanisme que nous avons décrit dans la Note citée, un système différentiel partiel impliquant une fonction inconnue, u, des n variables indépendantes X, Y, ... *Si le système partiel ainsi formé est possible, et si son intégrale générale dépend d'un nombre limite, g, de constantes arbitraires, la résolution numérique du système algébrique proposé se ramène à celle d'un système algébrique de n équations de degré g, impliquant respectivement n inconnues différentes.*

III. *La résolution numérique d'un système algébrique quelconque, à un nombre quelconque, n, d'inconnues, se ramène à la considération exclusive du cas fondamental* (II).

A. La proposition est vraie pour $n = 1$.

Soit

$$(1)\qquad \begin{cases} A_0 x^a + A_1 x^{a-1} + \ldots + A_{a-1} x + A_a = 0, \\ B_0 x^b + B_1 x^{b-1} + \ldots + B_{b-1} x + B_b = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

le système proposé.

Si les constantes A, B, ... sont toutes nulles, le système (1) est vérifié pour toute valeur numérique de l'inconnue x.

Si quelqu'une des constantes A, B, ... est différente de zéro, on fait correspondre au système (1), par l'application du mécanisme auquel il est fait allusion plus haut (II), le système des équations différentielles simultanées

$$(2)\qquad \begin{cases} A_0 \dfrac{d^a u}{dX^a} + A_1 \dfrac{d^{a-1} u}{dX^{a-1}} + \ldots + A_{a-1} \dfrac{du}{dX} + A_a u = 0, \\ B_0 \dfrac{d^b u}{dX^b} + B_1 \dfrac{d^{b-1} u}{dX^{b-1}} + \ldots + B_{b-1} \dfrac{du}{dX} + B_b u = 0. \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

[1] *Sur l'élimination algébrique* (*L'Enseignement mathématique*, 20e année, 1918 et 1919, p. 405 à 420; 21e année, 1920, p. 85 à 105).

impliquant la fonction inconnue u de la variable indépendante X. Cela étant, de deux choses l'une :

Ou bien le système (2) est impossible, et n'admet, par suite, aucune intégrale de la forme $u = \upsilon e^{r\mathrm{X}} (\upsilon \neq 0)$; le système (1) n'admet alors aucune solution numérique.

Ou bien, le système (2) étant possible, son intégrale générale dépend d'un nombre limité de constantes arbitraires; on se trouve alors ramené, pour la résolution numérique du système (1), au cas fondamental.

B. Si la proposition est vraie pour $n-1$ *inconnues, elle l'est encore pour* n *inconnues,* $x, y, \ldots$.

Effectivement, le système proposé, S, peut s'écrire sous la forme (1), où les A, B, ... désignent des fonctions algébriques entières de $y, \ldots$. L'élimination de x (I), effectuée entre les N équations de S, fournira divers systèmes de conditions nécessaires et suffisantes, dans chacun desquels ne peuvent figurer que les $n-1$ inconnues $y, \ldots$, à l'exclusion de x : soit σ l'un de ces systèmes de conditions. En vertu de ce qui est provisoirement admis pour $n-1$ inconnues, le système σ est résoluble par le seul recours au cas fondamental; si on le suppose vérifié pour $y, \ldots = y', \ldots$, et que l'on fasse $y, \ldots = y', \ldots$ dans les coefficients A, B, ... du système (1), on tombe sur un système algébrique (nécessairement possible) à la seule inconnue x, résoluble, en vertu de *A*, par le seul recours à ce même cas.

C. Le simple rapprochement des alinéas *A* et *B* suffit à mettre en évidence l'exactitude générale de la proposition formulée.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Existence d'équations intégro-différentielles non linéaires aux dérivées partielles, qui sont* quasi normales. Note (1) de M. **Léon Pomey**, transmise par M. L. Lecornu.

1. Nous nous proposons ici d'étendre nos recherches, concernant l'existence des équations *normales* (2), aux *équations intégro-différentielles non*

(1) Séance du 29 août 1927.

(2) C'est-à-dire des équations, dont les solutions existent dans tout l'intérieur du domaine d'existence des coefficients (parmi lesquels sont d'ailleurs comptées les fonctions arbitrairement données.

linéaires aux dérivées partielles (*du type Volterra*)

$$(1) \quad \varphi(xy) = f(xy) + \lambda \int_m^x \int_p^y \mathrm{P}[x, y, t, v, \varphi(tv), \varphi_{q_1 r_1}(tv), \ldots, \varphi_{qr}(tv)] dt^m dv^p,$$

où P désigne un *polynome entier* par rapport à l'inconnue $\varphi(xy)$ et à plusieurs de ses dérivées partielles $\frac{\partial^{q_i+r_i}\varphi(xy)}{\partial x^{q_i}\partial y^{r_i}}$ ou $\varphi_{q_i r_i}(xy)$. *L'ordre différentiel* de l'équation est le maximum $(q+r)$ des ordres (q_i+r_i), et son *ordre intégral* est l'ordre de multiplicité $(m+p)$ de l'intégrale.

Bien entendu, les résultats restent valables quel que soit le nombre des variables (certains des ordres m, p, q_i, r_i pouvant d'ailleurs être nuls). Nous supposerons que les coefficients de P et que $f(xy)$ sont holomorphes lorsque la variable indépendante x et la variable d'intégration t restent dans un certain domaine D_x (borné, complet et simplement connexe) et qu'en même temps y (et v) restent dans un domaine analogue D_y. Les intégrales $\int_m^x$ et $\int_p^y$ sont prises le long de deux lignes rectifiables L_x et L_y, de longueurs finies $s(x)$ et $\sigma(y)$, joignant dans D_x et D_y deux origines fixes x_0, y_0 aux points variables x, y.

Soient enfin Δ_x, Δ_y deux domaines intérieurs respectivement à D_x et D_y et dont tous les points soient à une distance au moins égale à ε des frontières de D_x et D_y, ε étant une quantité fixe (>0), choisie d'ailleurs aussi petite qu'on veut.

Nous allons indiquer une condition suffisante pour que, ε une fois fixé, l'équation (1) ait une solution $\varphi(x, y)$, qui existe dans *tout* le domaine Δ_x, Δ_y. Comme cette condition va faire intervenir la valeur de ε, nous dirons que l'équation (1) est alors *normale* presque *dans tout l'intérieur du domaine* D_x, D_y, ou abréviativement qu'elle est *quasi normale* [1].

---

[1] La famille des équations *normales* comprend déjà, comme nous l'avons montré, des classes étendues d'équations : 1° les équations intégro-différentielles *linéaires* (à un nombre quelconque de variables), d'ordre *fini*, satisfaisant à *la seule* condition que *leur ordre intégral dépasse leur ordre différentiel* (*Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1094, et **180**, 1925, p. 570); 2° celles d'ordre *infini*, dans lesquelles l'ordre intégral de chaque terme croît suffisamment vite par rapport à l'ordre différentiel correspondant (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 925 et 1400); 3° les équations intégrales (et différentielles) *non linéaires* (à une ou plusieurs variables), dont l'ordre intégral dépasse une certaine limite, qui dépend cette fois des *dimensions* des domaines ainsi que des *modules maxima* des coefficients (*Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 437).

Aussi pourrait-on appeler *absolument normales* les équations des classes 1° et 2°, et *relativement normales* celles de la classe 3°.

THÉORÈME D'EXISTENCE. — *Dès que l'ordre intégral $(m+p)$ est suffisamment grand non seulement par rapport à l'ordre différentiel $(q+r)$, mais encore par rapport aux dimensions des domaines D_x, D_y et à $\frac{1}{\varepsilon}$ ainsi que par rapport aux maxima des modules des coefficients, l'équation (1) est quasi normale. Elle a une solution $\varphi(x,y)$ qui est holomorphe et qui est représentée dans tout le domaine Δ_x, Δ_y par une seule et même série (entière par rapport au paramètre λ).*

Remarque. — Ces résultats s'appliquent naturellement aux équations aux dérivées partielles et aux équations différentielles ordinaires qui sont des cas particuliers de l'équation (1) considérée, ainsi qu'aux *systèmes* d'équations à plusieurs inconnues.

2. Pour plus de clarté, nous commencerons par démontrer le théorème ci-dessus dans le cas très simple où l'équation envisagée se réduit à celle-ci :

$$\varphi(xy) = f(xy) + \lambda \int_m^x \int_p^y K(xytv)\varphi(tv)\frac{\partial^{q+r}\varphi(tv)}{\partial t^q\,\partial v^r}\,dt^m\,dv^p, \tag{2}$$

laquelle a évidemment pour *solution formelle* la série $\sum_{n=0}^{n=+\infty} \varphi_n(xy)$, avec

$$\varphi_0(xy) = f(xy), \qquad \varphi_n(xy) = \lambda \int_m^x \int_p^y K(xytv)\varpi_{n-1}(tv)\,dt^m\,dv^p,$$

en posant (suivant la règle de Cauchy pour la multiplication des séries)

$$\varpi_{n-1}(tv) = \sum_{i=0}^{i=n-1} \varphi_i(tv)\frac{\partial^{q+r}\varphi_{n-1-i}(tv)}{\partial t^q\,\partial v^r}.$$

Convergence. — Soient M_0 la borne supérieure de $|f(xy)|$ dans (D_x, D_y), M celle de $|K(xytv)|$; l et l' deux constantes supérieures à toutes les valeurs prises par $s(x)$ et $\sigma(y)$ dans (D_x, D_y); α un nombre *arbitraire* >1; ω la somme de la série $\sum_{n=1}^{\infty} n^{-\alpha}$. En utilisant comme précédemment [1] l'intégrale de Cauchy pour obtenir une limite su-

---

[1] *Journal de l'École Polytechnique*, 24, 1924, p. 21.

périeure du module des dérivées, on a, *x et y restant dans* Δ_x *et* Δ_y $\left(\text{avec } \alpha < \frac{m+p-1}{q+r}\right)$,

$$|\varphi_n(xy)| < M_0\left[\frac{|\lambda|MM_0 q!\,r!\,\omega^{q+r}(l+\varepsilon)^m(l'+\varepsilon)^p}{m!\,p!\,\varepsilon^{q+r}}\right]^n.$$

D'où la convergence absolue et uniforme de la série $\Sigma\varphi_n$ dans (Δ_x, Δ_y) si

$$1 < \frac{m+p-1}{q+r}, \quad |\lambda| MM_0\left(\frac{\omega}{\varepsilon}\right)^{q+r}(l+\varepsilon)^m(l'+\varepsilon)^p < \frac{m!\,p!}{q!\,r!},$$

ce qui a lieu si m ou p (donc $m+p$) est suffisamment grand. *Cette condition suffit donc bien pour que l'équation* (2) *ait* $\Sigma\varphi_n$ *pour solution effective dans* (Δ_x, Δ_y) *et soit* QUASI NORMALE [1]. C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la résolution algorithmique du problème de Riemann.* Note [2] de M. **J.-A. Lappo-Danilevski**, transmise par M. Hadamard.

1. Étant donnés un système de m points, situés à distance finie, A_1, $A_2, \ldots, A_m$, et un système de m substitutions, $V_j = \|v_{ke}^{(j)}\|$ $(j = 1, 2, \ldots, m)$ du degré fixe n, nous désignons sous le nom de « base régulière appartenant au corps de Riemann $R(V_1, V_2, \ldots, V_m)$ et admettant les substitutions différentielles U_j » toute matrice $\Phi(V_1 V_2 \ldots V_m | x) = \|\varphi_{ke}(x)\|$ de n^2 fonctions analytiques, satisfaisant aux conditions suivantes : 1° la matrice $\Phi(V_1 V_2 \ldots V_m | x)$ se change en matrice $V_j \Phi(V_1 V_2 \ldots V_m | x)$ quand x décrit un circuit, entourant le point a_j; 2° la matrice $Y = \Phi(V_1 V_2 \ldots V_m | x)$ représente une matrice intégrale de l'équation $\frac{dY}{dx} = \sum_{j=1}^{m} \frac{YU_j}{x - a_j}$. Le problème de Riemann concerne la construction d'une base régulière du corps $R(V_1, V_2, \ldots, V_m)$ et du système correspondant des substitutions différentielles, les substitutions V_j, génératrices du groupe de monodromie, ainsi que la configuration des points singuliers a_j étant données. *Le fait de l'existence* de systèmes de fonctions admettant un groupe de monodromie donné a été

[1] Bien entendu si m et p sont donnés, on voit qu'il existe pour (2) une solution tant que *l'une* au moins des quantités l, l' reste suffisamment petite.

[2] Séance du 29 août 1927.

établi par diverses méthodes par MM. Hilbert, Plemelj, Birkhoff, Garnier et Schlesinger, mais, à notre connaissance, sans *expressions explicites* des fonctions et des substitutions cherchées.

2. On les obtient par l'inversion des fonctions de substitutions qui représentent les solutions du problème de Poincaré [1]. Les écarts des substitutions données de la substitution identique étant bornés par l'inégalité

$$(1)\qquad |V_1 - I| + |V_2 - I| + \ldots + |V_m - I| < \left\| \frac{\tau}{n} \right\|,$$

où $0 < \tau \leq 1$ est un nombre qui ne dépend que de la configuration $a_1, a_2, \ldots, a_m$, il existe une base régulière

$$(2)\quad \Phi_b(V_1 V_2 \ldots V_m | x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 j_\nu}^{(1, 2, \ldots, m)} (V_{j_1} - I)(V_{j_2} - I)\ldots(V_{j_\nu} - I) \frac{1}{(2\pi i)^\nu} H_b(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu} | x)$$

du corps $R(V_1, V_2, \ldots, V_m)$, admettant les substitutions différentielles

$$(3)\qquad U_j = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 j_\nu}^{(1, 2, \ldots, m)} (V_{j_1} - I)(V_{j_2} - I)\ldots(V_{j_\nu} - I)\, Q_b^{(j)}(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu})$$

qui représentent des fonctions des substitutions V_j, holomorphes dans le voisinage (1) de la substitution identique, les coefficients $Q_b^{(j)}(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu})$ étant des combinaisons linéaires des paramètres de la configuration [1] définies par les relations de récurrence

$$Q_b^{(j)}(a_{j_1}) = 1 \quad \text{pour } j = j_1; \qquad Q_b^{(j)}(a_{j_1}) = 0 \quad \text{pour } j \neq j_1;$$

$$Q_b^{(j)}(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu})$$
$$= -\sum_{\mu=2}^{\nu} \sum_{h_1 h_2 \ldots h_\mu}^{(1, 2, \ldots, m)} \sum_{1 \leq \varkappa_1 < \ldots < \varkappa_{\mu-1} \leq \nu} Q_b^{(h_1)}(a_{j_1} \ldots a_{j_{\varkappa_1}})\, Q_b^{(h_2)}(a_{j_{\varkappa_1+1}} \ldots a_{j_{\varkappa_2}}) \ldots Q_b^{(h_\mu)}(a_{j_{\varkappa_{\mu-1}+1}} \ldots a_{j_\nu}) \frac{1}{(2\pi i)^\mu} \rho_b^{(j)}(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu}),$$

et les $H_b(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu} | x)$, des combinaisons d'hyperlogarithmes [1]

$$H_b(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu} | x)$$
$$= \sum_{\mu=1}^{\nu} \sum_{h_1 h_2 \ldots h_\mu}^{(1, 2, \ldots, m)} \sum_{1 \leq \varkappa_1 < \ldots < \varkappa_{\mu-1} \leq \nu} Q_b^{(h_1)}(a_{j_1} \ldots a_{j_{\varkappa_1}})\, Q_b^{(h_2)}(a_{j_{\varkappa_1+1}} \ldots a_{j_{\varkappa_2}}) \ldots Q_b^{(h_\mu)}(a_{j_{\varkappa_{\mu-1}+1}} \ldots a_{j_\nu})\, L_b(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu} | x),$$

où b est un point arbitraire distinct des points $a_1, a_2, \ldots, a_m$, et les

---

[1] Voir notre Note précédente, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 439.

sommes $\sum$ sont étendues à toutes les valeurs entières des indices $\varkappa_1, \varkappa_2, \ldots, \varkappa_{\mu-1}$, satisfaisant à l'inégalité indiquée. On a évidemment :

$$\Phi_b(V_1, V_2, \ldots, V_m \mid b) = I.$$

3. En étudiant le caractère de la ramification des coefficients $H_b(a_{j_1}, a_{j_2}, \ldots, a_{j_\nu} \mid x)$ aux points $a_1, a_2, \ldots, a_m$, on établit qu'en posant

$$\xi = \frac{\beta x - \gamma}{x - b}, \qquad \alpha_j = \frac{\beta a_j - \gamma}{a_j - b} \qquad (j = 1, 2, \ldots, m),$$

où β et γ sont des nombres arbitraires tels que $\beta b \neq \gamma$, on peut remplacer le développement (2) par le développement

$$(4) \quad \Phi(V_1, V_2, \ldots, V_m \mid x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1, 2, \ldots, m)} (V_{j_1} - I)(V_{j_2} - I) \ldots (V_{j_\nu} - I) \frac{1}{(2\pi i)^\nu} E_\beta(\alpha_{j_1}, \alpha_{j_2}, \ldots, \alpha_{j_\nu} \mid \xi)$$

dont les coefficients sont définis par les relations simples de récurrence :

$$E_\beta(\alpha_{j_1} \mid \xi) = -\int_{\alpha_{j_1}}^{\beta} \frac{d\sigma}{\sigma - \xi}, \qquad E_\beta(\alpha_{j_1}, \alpha_{j_2}, \ldots, \alpha_{j_\nu} \mid \xi) = -\int_{\alpha_{j_1}}^{\beta} \frac{E_\beta(\alpha_{j_2}, \ldots, \alpha_{j_\nu} \mid \sigma)\, d\sigma}{\sigma - \xi},$$

les intégrales étant prises le long des bords positifs des coupures $(\alpha_j \gamma)$ du plan de la variable ξ. Les développements (2) et (4) sont valables dans toute portion du plan de la variable x ne contenant aucun des points $a_1, a_2, \ldots, a_m, \infty$. Les développements (2), (3) et (4) donnent la résolution algorithmique du problème de Riemann, les substitutions V_j étant données dans le voisinage (1) de la substitution identique.

4. Si le groupe de monodromie dérivé V_j est commutatif, les formules (2) et (4) donnent les expressions sous forme finie :

$$(5) \quad \begin{cases} \Phi_b(V_1, V_2, \ldots, V_m \mid x) = \prod_{j=1}^{m} \left(\frac{x - a_j}{b - a_j}\right)^{\frac{1}{2\pi i} \log V_j}, \qquad U_j = \frac{1}{2\pi i} \log V_j \\ (j = 1, 2, \ldots, m), \end{cases}$$

où les $\log V_j$ sont les valeurs qui s'annulent pour $V_j = I$. En prenant d'autres déterminations de ces logarithmes, on obtient les autres bases régulières du même corps. Les formules (5) de la Note précédente montrent que :

étant donné un corps de Riemann, si l'un des deux groupes (le groupe de monodromie, ou le groupe produit par les substitutions différentielles, appartenant à l'une des bases de ce corps) est commutatif, l'autre l'est aussi.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les avances et les retards des instants des passages de Mercure sur le disque du Soleil.* Note de M. **Jean Chazy.**

Dans ses travaux sur le mouvement de la Lune, Newcomb a cherché à plusieurs reprises à expliquer les inégalités à longue période observées dans le moyen mouvement par une irrégularité de la rotation de la Terre : cette irrégularité doit apparaître aussi dans les observations des autres corps de mouvements rapides, et notamment de la planète Mercure. Comparant les instants observés des passages de Mercure sur le disque du Soleil, et les instants calculés d'après ses théories du Soleil et de Mercure, Newcomb a conclu [1] que, dans l'intervalle de 1677 à 1894, et pour les passages de novembre, les écarts de temps sont faibles, mais présentent cependant une allure systématique assez nette pour établir que le mouvement de rotation de la Terre n'est pas uniforme : d'ailleurs l'irrégularité mise en évidence dans ce mouvement de rotation ne peut produire qu'une partie des inégalités observées dans le mouvement de la Lune, qui doivent recevoir une explication complémentaire.

La question de la non-uniformité de la rotation de la Terre a été reprise récemment dans de nombreux travaux; un accord remarquable a été établi entre les irrégularités de cette rotation obtenues à partir des observations du Soleil, de Mercure, de Vénus, de Mars et des premiers satellites de Jupiter. En particulier Innes a corrigé légèrement et complété la liste dressée par Newcomb des avances et des retards des instants des passages de Mercure sur le disque du Soleil, considérant à la fois les passages de novembre et les passages de mai et donnant [2], pour les trois derniers pas-

---

(1) *Astronomical Papers prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac*, **1**, 1882, p. 465; *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 1238. Dans la suite (*Astronomical Papers*, **9**, 1912, p. 247), Newcomb a été plutôt moins affirmatif.

(2) *Circular* n° 65 *of the Union Observatory, Union of South Africa*, 1925, p. 303. Innes réduit les observations du passage de mai 1924 d'une quarantaine d'observatoires au total; d'ailleurs les observations d'Uccle et de Bordeaux, qui ont été publiées dans ces *Comptes rendus* (**178**, 1924, p. 1689 et 1692), et que ne possède pas Innes, confirment la valeur donnée par lui de l'avance de ce passage.

Il est à noter que la *Connaissance des Temps*, d'après les Tables de Le Verrier,

sages de novembre 1907, novembre 1914 et mai 1924, des avances respectives d'environ 10 secondes, 18 secondes et 30 secondes.

L'on peut chercher à étudier les avances et les retards énumérés par Innes au point de vue de la théorie de la Relativité. La correction de l'intervalle de temps séparant deux passages de mai ou deux passages de novembre se réduit sensiblement à la correction de la durée d'une révolution où le rayon vecteur final coïncide avec le rayon vecteur initial : le nœud ascendant de l'orbite de Mercure, au voisinage duquel ont lieu les passages de novembre, se trouvant plus proche du périhélie que de l'aphélie, la théorie de la Relativité devrait comporter par rapport à la théorie newtonienne un retard des passages de novembre et une avance (1) des passages de mai, si la variable-distance du ds^2 de Schwarzschild était identique au rayon vecteur figurant dans les Tables, ou du moins de la partie elliptique de ce rayon. Dans l'incertitude existant sur la relation entre ces deux quantités, si du moins cette relation était simple, il semble que *l'avance des passages de mai devrait être, en valeur algébrique moyenne supérieure, à l'avance des passages de novembre*. Or, en construisant séparément, avec les nombres donnés par Innes, la courbe des avances des passages de mai, courbe déterminée par neuf points seulement, dont le premier est rejeté par Le Verrier et Newcomb, et dont plusieurs autres présentent une grande incertitude (2), et la courbe des passages de novembre, déterminée par dix-neuf points, l'on constate que dans l'ensemble *ces deux courbes présentent un certain parallélisme, mais aucune n'est au-dessus de l'autre*.

Il résulte de la circonstance précédente qu'il est difficile de relier au rayon vecteur figurant dans les Tables des planètes les différentes variables mises en évidence dans la théorie de la Relativité pour exprimer la distance du point gravitant au corps attractif. Et il résulte aussi que le passage de Mercure du 10 novembre 1927, très central (3) (le passage suivant ayant lieu seulement en 1940) ne saurait, au point de vue qui nous occupe, être observé avec trop de soin.

---

avait annoncé les instants des troisième et quatrième contacts géocentriques 8 secondes plus tôt que le *Berliner Jahrbuch*, d'après les Tables de Newcomb; à partir des observations et des Tables de Newcomb, Innes calcule pour ces deux instants des valeurs intermédiaires.

(1) Des valeurs numériques de ces avances et retards seront données dans un Ouvrage qui paraîtra bientôt.

(2) Cf. Grossmann, *Astronomische Nachrichten*, **214**, 1921, p. 45.

(3) Cf. Newcomb, *Astronomical Papers*, **1**, 1882, p. 485.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Théorie du champ moléculaire.*
Note de M. **Raoul Ferrier**, transmise par M. Paul Painlevé.

Le problème de la détermination du champ électrique moléculaire n'a pu recevoir, jusqu'ici, en dépit de son importance capitale, aucune solution de principe. Les équations de l'électrodynamique conduisent, en général, à une expression de ce champ $\mathcal{E}$ contenant un terme qui décroît en raison inverse de la distance, si bien que l'intégrale d'énergie électrique, étendue jusqu'au front d'une onde lointaine qui se propage avec la vitesse de la lumière, croît proportionnellement au temps au delà de toute limite. En d'autres termes, le système laisse *rayonner* son énergie.

Cette sorte d'incompatibilité entre les lois admises et les faits constatés disparaît, semble-t-il, si l'on adopte le système d'équations plus générales que j'ai proposé [1], et d'où j'ai déjà déduit certaines conséquences nouvelles en introduisant la notion de *singularités libres :*

$$(\mathrm{I})\qquad \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2}+\Delta\mathcal{E}=\frac{2}{c}\operatorname{rot}\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial t},\qquad \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2}-\Delta\mathcal{E}=\frac{2}{c}\operatorname{grad}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial t}.$$

Considérons en effet un électron E animé d'un mouvement *quasi périodique* autour d'un noyau positif N fixe, et associons-lui un point singulier F, symétrique de E par rapport à N.

D'après la théorie ordinaire, où l'on suppose $\mathcal{A}$ identiquement nul, le système ne rayonnerait pas si l'on plaçait un second électron en F.

La partie $\mathcal{F}_{12}$ du champ $\mathcal{E}$ ainsi obtenu, qui s'annule lorsque les charges E et F sont au repos, ne contient pas de termes en $\frac{1}{r}$, ces derniers se compensant exactement à grande distance, pour un tel mouvement.

Je dis que les équations (1) peuvent être satisfaites, en supposant $\mathcal{A}$ non nul, *alors même qu'il n'y a pas de second électron en* F, mais seulement une *singularité libre*, analogue à celle que j'ai rencontrée [2] dans le cas de *l'oscillateur pur*. Il suffit, en effet, de poser

$$\mathcal{E}=\mathcal{F}_{12}+\operatorname{grad}\left(\frac{e_1}{r_1}-\frac{e_0}{r_0}\right),\qquad \mathcal{A}=-\frac{e_1c}{2}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{r_2}\right).$$

---

[1] *Les nouveaux axiomes de l'électronique*, 1925 (A. Blanchard, Paris), p. 49, équations (10).

[2] *L'oscillateur de Planck* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 585).

r_0, r_1, r_2 désignant les distances d'un même point *fixe* A aux points N, E et F. L'expression désignée par $\mathcal{F}_{12}$ ne contenant pas de termes en $\frac{1}{r}$, l'intégrale d'énergie

$$\text{(II)} \qquad \int \frac{\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2 - \mathcal{A}^2}{8\pi} d\tau$$

est convergente au loin. Elle l'est aussi autour des points singuliers, car l'expression (II), déduite de (I) dans le cas des champs réguliers, est compatible avec la loi de *compensation anergique*, déjà utilisée dans le cas de l'oscillateur pur, en vertu de laquelle l'intégration, dans tout l'espace, de la formule précédente $\Big($*où l'on ne fait figurer dans* $\mathcal{E}$, $\mathcal{H}$ *et* $\mathcal{A}$ *que les termes en* $\frac{1}{r^2}$ *relatifs à un seul point singulier*$\Big)$, donne un résultat *nul*, par réduction des termes positifs et négatifs, si la singularité est *libre*. Si elle est *gênée* par un électron, la variation de cette expression particulière représente précisément la variation *d'énergie électrocinétique* de la particule réelle envisagée isolément.

Si la conservation de l'énergie exigeait seulement la constance de l'expression (II), elle pourrait ainsi cadrer avec un mouvement quasi périodique extrêmement voisin du mouvement keplérien.

Mais il faut prendre garde [1] que la variation d'énergie, pendant le temps dt, comprend, en outre, le travail des réactions des charges sur le vide

$$\text{(III)} \qquad c\, dt \Sigma e_n \mathcal{A}_n,$$

$\mathcal{A}_n$ étant la valeur de l'*ampérien* au point occupé par la charge e_n. Or, ce terme est du même ordre de grandeur que la variation d'énergie potentielle. L'existence d'un mouvement quasi périodique voisin du mouvement keplérien est donc incompatible avec l'expression adoptée pour $\mathcal{E}$, c'est-à-dire que le problème ne peut pas être entièrement résolu en considérant une seule singularité libre dans le champ.

Il faut compléter l'expression de $\mathcal{E}$, de manière à faire disparaître le terme (III). Ce résultat peut être obtenu en ajoutant *simultanément* une infinité de termes $\mathcal{F}_{ij}$ définis comme précédemment, mais correspondant chacun à un couple de singularités libres en mouvement. En vertu de la compensation anergique, l'intégrale d'énergie n'est pas sensiblement modifiée ; et l'infinité de termes quasi périodiques ainsi introduits dans l'expression de

---

[1] *Quelques idées sur l'Électrodynamique*, 1927 (A. Blanchard).

l'ampérien total permet de faire passer constamment la surface $\mathfrak{A} = 0$ par les points N et E.

La valeur *moyenne* de $\mathfrak{A}$ est, d'ailleurs, rigoureusement nulle en tout point $\left(\text{en raison du caractère quasi périodique de } \frac{1}{r_2}, \ldots, \frac{1}{r_j}\right)$ et c'est ce qui explique *pourquoi l'ampérien échappe à toute mesure directe*, aussi bien au sein de la matière qu'en dehors d'elle. Au contraire, l'infinité de termes introduits dans l'expression du champ magnétique se compose en un champ magnétique moyen définissant le moment de Weiss, M', dont la valeur paraît ainsi dépendre de la manière suivant laquelle la compensation du terme (III) se trouve réalisée dans chaque cas.

Au surplus, quelle que soit la disposition véritable de ces singularités, libres, qui peuplent les alentours de la molécule, leur existence même ne paraît guère douteuse. Une étude plus approfondie des solutions stationnaires du système (I) montre, en effet, que la fonction $\mathfrak{A}$ présente bien alors des points singuliers, et que ces derniers ne peuvent pas coïncider avec les charges elles-mêmes, en raison de la signification physique de l'expression (III).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les équations de l'électromagnétisme et l'équation de M. Schrodinger dans l'univers à cinq dimensions.* Note [1] de MM. **F. Gonseth** et **G. Juvet**, transmise par M. J. Hadamard.

Prenons un ds^2 d'un E_5, dont les coefficients sont donnés par le tableau [2].

$$(1) \qquad \left|\begin{array}{ccccc} g_{00} & g_{01} & g_{02} & g_{03} & 2\varphi_0 \\ g_{10} & g_{11} & g_{12} & g_{13} & 2\varphi_1 \\ g_{20} & g_{21} & g_{22} & g_{23} & 2\varphi_2 \\ g_{30} & g_{31} & g_{32} & g_{33} & 2\varphi_3 \\ 2\varphi_0 & 2\varphi_1 & 2\varphi_2 & 2\varphi_3 & \psi^2 \end{array}\right|,$$

et cherchons ce que deviennent les équations que nous avons proposées pour définir les coefficients dans l'espace E_5. Nous supposerons encore que toutes les fonctions qui entrent en jeu ici ont des dérivées par rapport à x_4 négligeables vis-à-vis de leurs dérivées par rapport aux autres

(1) Séance du 22 août 1927.

(2) Cf. nos précédentes Notes (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 341, 412, 448).

variables. Enfin si les $\psi_i = \frac{\partial\psi}{\partial x_i}$ sont de petites quantités, nous supposerons que les φ_i, les F_{ik} sont négligeables vis-à-vis de ψ. On trouve alors pour les composantes de la connexion affine, les expressions approximatives suivantes :

$$G^l_{ik} = \Gamma^l_{ik} \quad (i, k = 0, 1, 2, 3),$$

où les Γ^l_{ik} sont les symboles de Christoffel de deuxième espèce attachés au ds^2 de l'E_4 einsteinien (x_0, x_1, x_2, x_3);

$$G^l_{4i} = G^l_{i4} = F^{l}_{.i},$$

l'indice a été étudié au moyen des g^{ik} de l'E^4 ;

$$G^4_{ik} = 0,$$
$$G^4_{i4} = \frac{\Psi_i}{\Psi} G^i_{44} = -\Psi\Psi^i \qquad \text{(même remarque)},$$
$$G^4_{44} = 0.$$

Calculons dès lors les $R_{\alpha\beta}$:

1° Les R_{ik} $(i, k = 0, 1, 2, 3)$ sont ceux d'Einstein;

2° Les R_{i4} $(i = 0, 1, 2, 3)$ sont les divergences de champ électromagnétique, c'est-à-dire que l'on a (¹)

$$R_{i4} = \frac{\partial F^{h}_{.i}}{\partial x_h} - \Gamma^l_{ih} F^{h}_{.l} + \Gamma^r_{hr} F^{h}_{.i} = F^{.h}_{.i/h};$$

3° Enfin

$$R_{44} = -\Psi\left[\frac{\partial(g^{ri}\Psi_i)}{\partial x_r} + \Gamma^h_{ih}\Psi^i\right].$$

Pour obtenir les équations du champ électromagnéto-gravifique dans E_5, il suffit de s'inspirer de ce que l'on connaît dans E_4. Or d'une manière générale, on a, dans E_4,

$$(2) \qquad R_{ik} = \varkappa\left(T_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} T\right) \qquad (i, k = 0, 1, 2, 3),$$

où T_{ik} est le tenseur d'énergie et de quantité de mouvement et k une constante de l'ordre de 10^{-47} C. G. S. Or

$$T_{ik} = m u_i u_k \quad \text{et} \quad T = m u_i u^i \quad \left(u^i = \frac{dx^i}{ds}\right).$$

(¹) Cf. KALUZA, *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*, 2, 1921, p. 966-972.

Nous prendrons alors comme équations générales dans E_5 :

$$R_{\alpha\beta} = \varkappa\left(T_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} T\right) \qquad (\alpha, \beta = 0, 1, 2, 3, 4) \tag{3}$$

avec $T_{\alpha\rho} = m u_\alpha u_\beta$ et $T = m u_\alpha u^\alpha$.

Pour α, $\rho = 0, 1, 2, 3$, on a les équations d'Einstein à l'approximation que nous avons admise ; pour $\alpha = 0, 1, 2, 3$ et $\beta = 4$, on aura

$$F^{h}_{.i|h} = x\left(m u_i u_4 - \frac{1}{2} g_{4i} T\right) \qquad \text{ou} \qquad F^{h}_{.i|h} = x m (u_i u_4 - \varphi_i u_\alpha u^\alpha),$$

ce qui, avec nos approximations, s'écrit

$$F^{h}_{.i|h} = x \psi^2 s_i, \tag{4}$$

les s_i étant les composantes du courant. Or, si l'on confronte ces équations avec le second groupe des équations de Maxwell, on voit que si $x\psi^2$ est voisin de l'unité, nos équations générales nous fournissent précisément les équations qui permettent de trouver les potentiels φ_i lorsque l'on connaît les charges et leurs vitesses ([1]).

Or si $x\psi^2$ est de l'ordre de l'unité, cette équation devient

$$\frac{\partial (g^{ri} \Psi_i)}{\partial x_r} + \Gamma^h_{ih} \Psi^i + \frac{1}{2} \frac{e^2}{m} \psi = 0. \tag{5}$$

Enfin l'équation, pour $\alpha = \rho = 4$, s'écrit

$$\frac{\partial (g^{ri} \Psi_i)}{\partial x_r} + \Gamma^h_{ih} \Psi^i = -\frac{1}{2} x \psi^2 \frac{e^2}{m}.$$

Cette équation admet encore comme bicaractéristiques les géodésiques du ds^2 de l'E_4 et, à cause de nos approximations, les géodésiques du ds^2 de notre E_5.

Remarques. — Il est clair que nos approximations ne sont plus valables si les φ_i sont appréciables, ce qui est le cas dans la théorie des spectres ; il faut alors chercher ce que deviennent nos équations dans le cas où l'on néglige les dérivées des g_{ik} vis-à-vis des $g_{i4} = 2\varphi_i$.

Nos résultats ressortissent à la mécanique ondulatoire macroscopique, celle que M. L. de Broglie nomme *géométrique* et qui s'oppose à celle qu'il nomme *physique* comme l'optique géométrique s'oppose à l'optique physique.

([1]) Cf. KALUZA, *loc. cit.*; cet auteur a montré que le premier groupe des équations de Maxwell résulte d'une identité entre les symboles de Christoffel de l'E_5.

Si l'on écrit les équations (3) rigoureuses pour un ds^2 du type (1), l'équation, pour $\alpha = \rho = \psi$, reste linéaire par rapport aux dérivées secondes de ψ et il existe entre cette équation et les géodésiques de l'E_5 la relation qu'il y a entre une équation des ondes et ses bicaractéristiques.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la stabilité des propriétés catalytiques de l'amiante palladiée.* Note [1] de M. **Lucien Vallery**, présentée par M. d'Arsonval.

Cette étude a été entreprise afin de déterminer le degré de confiance que l'on peut accorder aux catalyseurs usagés dans le dosage, à la température ordinaire, de l'hydrogène dans l'atmosphère. Elle a été effectuée au moyen de l'appareil, conçu dans ce but par M. Tissot. Toutes mesures ont été effectuées dans une atmosphère contenant, en outre, à la concentration de 10^{-5}, les gaz hydrogène antimonié et hydrogène arsénié, lesquels, normalement émis par les accumulateurs au plomb, et souillant par conséquent, les atmosphères hydrogénées créées par ces appareils, atmosphères qui sont parmi les plus importantes à envisager, devaient, *a priori*, être considérés comme susceptibles d'agir sur le catalyseur étudié, comme de véritables poisons.

Nous avons non seulement procédé à de nombreux dosages, effectués avec des teneurs en hydrogène variables, en ne nous préoccupant que des résultats définitifs, mais nous avons également construit, pour un même catalyseur, à des époques différentes, de nombreuses courbes figuratives de la marche de la combustion dans une expérience donnée. Par application de l'équation différentielle représentative de la vitesse des réactions bimoléculaires, appliquée à la réaction qui nous occupe :

$$\frac{dx}{dt} = K(a - x)\left(b - \frac{x}{2}\right),$$

$\frac{dx}{dt}$ étant la vitesse à l'instant t, a et b les concentrations moléculaires initiales en hydrogène et oxygène, x le nombre de molécules d'hydrogène oxydées à l'instant t, il nous a été possible d'évaluer l'activité K du catalyseur et par suite d'établir les variations qu'elle présente non seulement au cours d'une même expérience, mais également au cours de l'existence même du catalyseur, au fur et à mesure de son usage.

---

(1) Séance du 22 août 1927.

Catalyseurs.

1.	2.	1.	2.	3.
N_0 + 57e essai $H_{10'} = 3,1$ %	20e essai $H_{10'} = 3$ %	N_0 + 62e essai $H_{10'} = 3$ %	26e essai $H_{10'} = 2,85$ %	N'_0 + 4e essai $H_{10'} = 3,1$ %
0',5 .. 2,86	0',5 .. 0,75	0',5 .. 0,74	0',5 .. 0,57	0',5 .. 2,84
1 2,58	1 0,97	1 1,27	1 0,99	1 2,65
2 2,26	2 1,10	2 1,36	2 1,19	2 2,45
3 2,04	3 1,09	3 1,31	3 1,24	3 2,24
5 1,78	5 1,07	5 1,26	5 1,19	5 1,91
Série I (3 %).		Série II (3 %).		

Catalyseurs.

1.	1.	1.	2.	2.
N_0 + 63e essai $H_{10'} = 3,1$ %	N_0 + 36e essai $H_{10'} = 4,85$ %	N_0 + 61e essai $H_{10'} = 5$ %	24e essai $H_{10'} = 4,8$ %	25e essai (1) $H_{10'} = 4,7$ %
0',5 .. 0,92	0',5 .. 1,44	0',5 .. 2,27	0',5 .. 1,76	0',5 .. 1,36
1 1,29	1 1,75	1 2,29	1 1,88	1 1,62
2 1,36	2 1,78	2 2,10	2 1,92	2 1,72
3 1,30	3 1,76	3 1,91	3 1,94	3 1,70
5 1,20	5 1,67	5 1,67	5 1,79	5 1,59
Série III (3 %).	Série IV (5 %).	Série V (5 %).		

Catalyseurs.

3.	1.	2.	1.	2.
N'_0 + 63e essai $H_{10'} = 4,9$ %	N_0 + 46e essai $H_{10'} = 7,2$ %	7e essai $H_{10'} = 7,3$ %	N_0 + 58e essai $H_{10'} = 6,75$ %	21e essai $H_{10'} = 6,7$ %
0',5 .. 3,07	0',5 .. 2,92	0',5 .. 1,96	0',5 .. 1,40	0',5 .. 1,14
1 2,96	1 3,03	1 2,31	1 2,08	1 1,92
2 2,81	2 2,99	2 2,40	2 2,27	2 2,20
3 2,52	3 2,96	3 2,37	3 2,19	3 2,27
5 2,15	5 2,66	5 2,11	5 2,00	5 2,15
Série V (5 %).	Série VI (7 %).		Série VII (7 %).	

Catalyseurs.

3.	1.	1.	1.	2.
N'_0 + 2e essai $H_{10'} = 6,7$ %	N_0 + 60e essai $H_{10'} = 6,8$ %	N_0 + 43e essai $H_{10'} = 8,05$ %	N_0 + 44e essai $H_{10'} = 8,2$ %	5e essai $H_{10'} = 8,25$ %
0',5 .. 3,73	0',5 .. 2,45	0',5 .. 3,29	0',5 .. 2,83	0',5 .. 2,45
1 3,55	1 2,63	1 3,44	1 3,09	1 2,85
2 3,37	2 2,49	2 3,33	2 3,15	2 2,93
3 3,31	3 2,33	3 3,05	3 2,99	3 2,85
5 3,09	5 2,00	5 2,52	5 2,59	5 2,60
Série VII (7 %).	Série VIII (7 %).	Série IX (8 %).	Série X (8 %).	

(1) Le 25e essai a été effectué le lendemain du 24e essai.

Nos mesures ont porté sur trois exemplaires différents du même modèle de catalyseur, provenant du même constructeur. Voici un tableau donnant les plus significatifs parmi les résultats obtenus. Pour chaque expérience, il est donné avec le numéro de l'essai ([1]), pouvant être considéré comme représentant l'âge du catalyseur, la teneur en hydrogène accusée par l'appareil après 10 minutes, puis dans une première colonne : les époques de la mesure et dans une deuxième colonne : les valeurs de K correspondantes. Ces valeurs sont exprimées en fonction non des logarithmes népériens, mais des logarithmes décimaux. Chaque série a été effectuée sur la même atmosphère.

Comme on le voit, les résultats définitifs, après 10 minutes de contact, sont des plus satisfaisants. En outre, il ne résulte de ce tableau ni de vieillissement caractérisé ni d'empoisonnement par les deux hydrures gazeux d'arsenic et d'antimoine. En effet les variations notables d'activité, d'une époque à l'autre, tantôt positives, tantôt négatives, que l'on observe, impliquent une assez grande complexité dans les causes qui les motivent, mais non un vieillissement, celui-ci devant être considéré comme se manifestant, non par des irrégularités, mais par une décroissance progressive d'activité. Par contre, les trois catalyseurs étudiés, bien qu'ayant même origine commerciale, présentent entre eux des différences d'activité très notables. Il importera de s'en préoccuper dans la pratique.

Quoi qu'il en soit, la réaction catalytique envisagée paraît bien être suffisamment fidèle pour pouvoir être appliquée, sans crainte, au dosage de l'hydrogène dans l'atmosphère.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la structure des gelées. Recherches sur la cristallisation de la l-arabinosazone.* Note de M. **Pierre Thomas** et Mlle **Marie Sibi**, présentée par M. Roux.

Nous avons signalé précédemment que certaines gelées se transforment dans des conditions déterminées en fins cristaux, longs et recourbés, onduleux, enchevêtrés, semblables à une masse de cheveux ([2]). Ce phénomène, que nous avions étudié tout d'abord avec l'acétal benzoïque de la sorbite,

---

([1]) Les catalyseurs 1 et 3 avaient servi, avant nos expériences, un nombre de fois N_0 et N'_0 que nous ignorons.

([2]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 314, et **183**, 1926, p. 282.

se produit également dans les solutions aqueuses ou alcooliques de stéarate de sodium et d'autres corps.

Nous avons constaté qu'il est possible de modifier la forme cristalline de la *l*-arabinosazone de façon à déterminer la formation de fins cristaux onduleux et souples, en cheveux, extrêmement longs et capables d'emprisonner par capillarité un grand volume d'eau. S'il n'y a pas à proprement parler formation d'un gel par refroidissement, on peut dire que le phénomène observé se rapproche de cette formation. La cohésion de la masse est telle que le tube peut être retourné sans laisser écouler le liquide; une brusque secousse est nécessaire pour produire la séparation. C'est là un argument de plus en faveur de l'hypothèse qui voit dans les gelées une masse de longs cristaux ultramicroscopiques, feutrés, dont les interstices sont gorgés de liquide.

En préparant la *l*-arabinosazone au moyen de *l*-arabinose pur obtenu au laboratoire, nous avons constaté que le produit cristallise en petites masses formées d'une touffe de fins cristaux radiés, assez courts, régulièrement disposés autour d'un centre, et rappelant tout à fait les cristaux de lactosazone.

Frappés de la différence entre l'aspect du produit obtenu et l'apparence figurée autrefois par l'un de nous (1) et qui représente la phénylosazone de l'arabinose comme formée de longs cristaux flexueux, ayant l'apparence de cheveux, nous avons cherché l'explication de cette différence. Soupçonnant que le produit qui avait servi à la préparation de l'osazone autrefois figurée par le dessinateur pouvait être impur, nous avons préparé des mélanges en proportion variable d'arabinose pur et de gomme de cerisier, substance habituellement employée pour la fabrication de l'arabinose et qui a chance d'en constituer la principale impureté. Notre supposition s'est vérifiée, puisque nous avons pu, sans la moindre difficulté, non seulement obtenir l'arabinosazone cristallisée en filaments flexueux, mais encore régler à volonté la longueur de ces filaments.

Cette longueur paraît être fonction, jusqu'à un certain point, de la concentration en impureté. Ainsi, pour une même teneur en arabinose (1 pour 100), on a les résultats suivants, en exprimant par $\frac{G}{A}$ le rapport de la quantité de gomme à celle de sucre :

---

(1) G. Bertrand et P. Thomas, *Guide pour les Manipulations de Chimie biologique*, 1910, fig. 7, p. 57.

$\frac{G}{A}$.	Apparence.	Prise en masse.
1/5....	très longs filaments, en cheveux	complète
1/9....	très longs filaments	complète
1/15....	longs filaments flexueux	moins compacte
1/25....	filaments plus courts, flexueux	nulle
1/50....	filaments très fins, flexueux, mais assez courts	nulle
0.......	touffes radiées, aiguilles non flexueuses	nulle

Même une teneur en gomme ne dépassant pas 1 pour 100 de la quantité de sucre peut déjà manifester sa présence si l'on opère dans des conditions strictement comparables, par un allongement et un amincissement des aiguilles radiées de l'osazone pure. Inutile d'insister sur l'intérêt du phénomène de prise en masse, dû uniquement à l'enchevêtrement des filaments qui retiennent alors la totalité du liquide par capillarité. La gomme n'intervient pas par sa viscosité puisque la prise en masse a lieu déjà avec une concentration en gomme inférieure à 1 pour 1000. D'autre part, dans des solutions plus diluées du sucre, dans lesquelles la proportion de gomme était restée la même, celle-ci, loin de provoquer la prise en masse, donnait lieu, au contraire, à la formation de très petites touffes cristallines, à aiguilles courtes et droites, qui se déposaient rapidement au fond du vase.

En résumé, nous avons pu, par l'addition d'une substance étrangère convenablement choisie, obtenir une modification des cristaux de l'arabinosazone conduisant à la formation d'un pseudo-gel. Si l'on observe que les corps qui donnent lieu par refroidissement à des gels se résolvant en fins cristaux flexueux sont des mélanges (stéarate de sodium contenant toujours de l'acide libre ou des sels d'autres acides gras; acétal de sorbite formé d'un mélange en proportions variables de deux formes isomères, etc.), on peut se demander s'il n'y a pas là une condition nécessaire qui se trouve remplie toutes les fois que nous assistons à la formation d'un gel de cette nature.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la viscosimétrie à l'étude de l'argile colloïdale.* Note de MM. **A. Demolon** et **G. Barbier**, présentée par M. L. Lindet.

Dans l'application de la technique viscosimétrique, il importe de faire tout d'abord les deux remarques suivantes :

1° Les résultats obtenus n'ont qu'une valeur relative; leur grandeur

absolue peut varier dans une très large mesure suivant les échantillons. Une même terre à brique, traitée dans des conditions analogues, nous a donné des suspensions d'argile colloïdale d'aptitude réactionnelle très différente vis-à-vis des électrolytes. Le degré de dispersion et la nature des cations absorbés ont au point de vue qui nous occupe une importance capitale. C'est pourquoi nous avons opéré sur une argile colloïdale ne renfermant plus d'ions déplaçables par HCl N/5 et amenée au maximum de dispersion.

2° Il n'est pas possible d'attribuer à ces mesures la signification physique que comporte la viscosité telle qu'elle est définie pour les liquides. Les suspensions argileuses n'obéissent pas à la loi de Poiseuille, et les valeurs trouvées diminuent quand le diamètre du tube capillaire employé pour la mesure augmente. Cette réserve faite, la technique viscosimétrique permet d'enregistrer les modifications d'état qui surviennent dans une suspension d'argile colloïdale, notamment par addition d'électrolytes.

Technique. — La suspension d'argile colloïdale a été obtenue comme suit, à partir de la terre à brique : décalcification totale par HCl N/5; lavages; agitation mécanique en présence de solution de soude pure N/40; sédimentation pendant 24 heures; floculation par HCl en excès; lavages et dialyse très prolongée jusqu'à élimination de toute trace de chlore; passage au tamis soie n° 200, puis agitation mécanique (24 heures). On obtient ainsi une suspension stable, répondant au but défini plus haut et donnant une valeur de Z fixe.

I. *Variation de la viscosité avec la concentration.* — Les résultats ci-après montrent que la viscosité croît suivant une courbe hyperbolique en fonction de la concentration, l'augmentation s'accélérant très vite à partir d'environ 55^{g} par litre. C'est alors surtout l'effet de rigidité qu'on enregistre. L'argile colloïdale se comporte donc comme la plupart des colloïdes hydrophiles.

Concentration en gr. par litre...	0,0.	1,0.	2,0.	5,0.	10,0.	22,0.	33,5.	44,7.	53,6.	67,0.
Z....	1,00	1,01	1,06	1,10	1,23	1,49	1,97	2,68	3,37	9,71

Comme pour l'eau, la viscosité diminue très rapidement quand la température croît.

II. *Influence des électrolytes.* — Pour assurer une précision suffisante aux mesures chronométriques, nous avons été amenés à opérer sur une suspension renfermant 20^{g} d'argile par litre. Les mesures ont été effectuées en ajoutant à 10$^{cm^3}$ de suspension d'argile à 30^{g} par litre, 5$^{cm^3}$ de solution d'électrolyte, chaque échantillon n'étant utilisé que pour une seule détermination. Le début de l'écoulement avait lieu 30 secondes après le mélange.

Valeurs de Z (pour l'eau, Z = 1,00; pour l'argile initiale, Z = 1,41).

Concentration (*).	HCl.	SO^4H^2.	$CaCl^2$.	$MgCl^2$.	KCl.	SO^4K^2.	AmCl.	Am^2SO^4.	NaCl.	SO^4Na^2.
0,4...	»	»	3,08	»	1,90	»	1,94	»	1,56	1,47
0,8...	6,97	2,72	10,9	»	5,61	»	»	»	»	»
1,2...	»	»	30,4	30,0	14,8	13,4	14,3	4,16	2,35	1,76
1,6...	28,3	6,79	40,5	40,7	28,0	16,3	»	»	»	»
3,5...	43,2	15,7	47,2	46,7	41,6	21,4	36,7	10,2	6,52	2,68
8,0...	44,7	19,0	42,1	41,6	49,6	22,5	43,6	12,5	13,1	3,44
20,0...	42,2	17,6	39,5	»	46,0	19,8	46,6	15,2	16,7	3,44
40,0...	»	»	»	»	»	»	49,2	17,0	18,5	3,08
66,6...	»	»	»	»	»	»	46,3	»	18,0	»
133,3...	14,4	2,7	»	»	»	»	»	»	»	»

(*) du mélange en milli-éq. gr. par litre.

L'argile, préparée dans les conditions indiquées, réagit à l'addition des électrolytes, par une augmentation de Z qui peut être considérable. Si l'on effectue consécutivement plusieurs passages dans le tube capillaire, le temps d'écoulement observé va en décroissant. De même par une agitation mécanique de deux heures, nous avons pu annuler presque complètement la viscosité acquise. Ceci nous montre nettement que l'effet produit se réduit essentiellement à une augmentation de la rigidité de la suspension.

L'examen des courbes obtenues conduit aux conclusions suivantes :

1° L'effet de sel croît très vite avec la dose ajoutée, passe par un maximum pour décroître ensuite plus ou moins lentement. Aucun point singulier ne marque le seuil de floculation ; l'accroissement de Z se manifeste pour des concentrations inférieures à celles qui donnent une précipitation visible et se continue longtemps après.

2° Pour les divers cations étudiés le nitrate et le chlorure ont une action identique mais les sulfates se différencient toujours nettement par un effet moindre. Les sels de soude ont le minimum d'action.

III. *Relation entre la variation de Z et la texture.* — Nous envisagerons uniquement ici ce qui concerne la perméabilité étudiée suivant une technique qui sera décrite ailleurs.

C(*).	0,9 KCl.	1,33 KCl.	3,33 KCl.	6,66 KCl.	66,6 KCl.	2,33 Am^2SO^4.	4,0 NaCl.	2,33 $CaCl^2$.	66,6 $CaCl^2$
Z....	7,25	17,2	40,7	49,3	43,4	7,78	7,50	45,6	32,8
P (**).	6,5	9,1	13,7	14,5	15,8	6,6	6,6	14,5	17,2

(*) C = concentration en électrolytes (milli-éq. gr. p. litre).

(**) P = perméabilité en mm par 24 heures.

Les résultats ci-dessus montrent que la perméabilité des coagulums croît d'une manière continue avec la concentration en électrolytes. Jusqu'au maximum de Z, il y a parallélisme entre l'accroissement de la perméabilité et celui de la durée d'écoulement dans le tube viscosimétrique.

L'ensemble de ces phénomènes peut s'interpréter par la production dans l'argile colloïdale d'agrégats de grosseur variable. A la structure à gros agrégats correspond la rigidité et la perméabilité maxima. Ces agrégats subissent une rétractation sous l'influence d'un excès d'électrolyte. Les sels de soude donnent à l'argile une structure à petits agrégats lâches, avec minimum de la perméabilité.

LITHOLOGIE. — *Sur les basaltes du Portugal.* Note (¹) de M. **Pereira de Sousa.**

Les basaltes se trouvent au Portugal dans diverses régions : à Lisbonne et dans ses environs où ils s'étendent jusqu'à Nazareth et sur le littoral de l'Algarve. Les premiers sont postturoniens et antemiocéniques, ils se présentent surtout en coulées, quelquefois en culots; les seconds sont helvétiens ou post-helvétiens et forment principalement des filons et des necks.

A Lisbonne et dans ses alentours, le basalte est doléritique, généralement riche en olivine (quelquefois transformé en bowlingite); il existe aussi des basanitoïdes renfermant localement de l'analcime et la biotite. Un échantillon de la collection du Muséum rapporté par Dolomieu (²) est amphibolique avec de l'analcime; il doit provenir de quelque filon (*camptonite*).

Il faut donc conclure de ce fait qu'il y a eu à Lisbonne et dans ses alentours au moins deux séries d'émissions volcaniques présentant entre elles des différences de composition chimique. Les constructions de la ville rendent difficile la détermination exacte de la surface occupée par chacune d'entre elles. Toutefois, par l'étude microscopique j'ai pu reconnaître le basalte doléritique : près du lac du Parc Éduard VII, au centre de la ville, entre la Calcada dos Mestres et Arco das Aguas Livres; dans l'Ajuda, au-dessous du Palais, et dans l'Amadona près de la porte Nord de Lisbonne, 500^m à S 62° E de la pyramide géodésique cote 210. Quant

---

(¹) Séance du 22 août 1927.

(²) A. Lacroix, *Une Note de Dolomieu sur les basaltes de Lisbonne, adressée en 1779 à l'Académie royale des Sciences* (*Comptes rendus*, 167, 1918, p. 437).

	Lisbonne.				Algarve.		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
SiO^2	43,64	42,90	40,36	42,78	46,04	42,18	40,32
Al^2O^3	13,00	16,47	13,91	11,15	14,84	14,58	11,42
Fe^2O^3	5,78	1,20	3,77	3,59	3,89	3,96	4,73
FeO	7,11	6,45	8,06	8,02	5,18	6,58	6,86
MnO	0,16	0,29	0,21	0,18	0,21	0,20	0,19
MgO	11,55	4,17	12,11	12,57	7,27	8,34	11,59
CaO	10,48	10,32	11,78	11,78	17,92	13,62	12,90
Na^2O	1,98	3,67	2,47	2,95	1,66	2,67	3,09
K^2O	1,17	2,88	0,93	0,95	0,64	1,68	1,38
TiO^2	2,48	2,96	2,82	3,30	1,14	3,82	4,90
P^2O^5	0,40	0,84	0,71	0,61	0,12	0,31	0,39
H^2O^+	1,88	3,85	2,45	1,87	1,14	1,89	1,93
H^2O^-	0,68	0,55	0,32	0,43	0,11	0,20	0,45
CO^2	–	1,02	0,29	–	–	–	–
Cl	–	0,07	–	–	–	–	–
S^2	–	0,95	–	–	–	–	–
Fe	–	0,83	–	–	–	–	–
Totaux	100,31	99,42	100,19	100,18	100,16	100,03	100,15

LISBONNE.

1. *Basalte doléritique.* — Entre la chaussée des Mestres et l'Arco des Aguas Livres, III.5.(3).4.4.

2. *Basanitoïde.* — Exemplaire rapporté par Dolomieu de Lisbonne (Muséum d'histoire naturelle), II.(III).'6.3.'4.(2.2.2.3).

3. *Basanitoïde.* — 500^m N de la gare de Campolide, III.6.(3).4.4.(2.3.2.2).

4. *Basanitoïde.* — 400^m S 54° E du pont, cote 20, dans la nouvelle route entre Linda à Velha et Carnavide, (III).IV.6.3.4'.(2.2'.2.2).

ALGARVE.

5. *Basalte basanitoïde.* — Fonte Moreira dans le chemin de Salir vers Querença, (111).5.(6).4.4'[(1).2.1.3.2].

6. *Basanite.* — Figueira, près de Lagos, 111.6.3'.4.[2.(1).2.2'.2].

7. *Basanite.* — 800^m N, 58 E de la Chapelle de S. Pedro, K.36, entre Portimão et Lagos, (111).IV.7'3.4.(2.2.2.2).

aux basanitoïdes ils se trouvent dans la Tapada, 100^m N de la rue Luiz de Camões, 400^m N 80° W de la Quinta da Pimenteira; 400^m SSE de la Cruz d'Oliveira; 500^m au nord de la gare de Campolide; dans la rue de Campolide Travessa do Tarujo; et aux alentours de Lisbonne, 400^m au S 6° W de l'Amoreira, dans la nouvelle route de Odivelas

à Caneças; 400^m S 54° E du pont, cote 20, dans la nouvelle route de Linda a Velha à Carnavide; et 1000^m N 58° E de Linda a Velha près de la cote 105, Carnavide.

En Carnavide, près du cimetière, on trouve de grosses bombes volcaniques, atteignant 0^m,5 de longueur et des blocs de calcaire turonien, cristallisés, enclavés par le basanitoïde ou gisant dans leurs tufs volcaniques, ce qui montre la proximité d'un ancien cratère.

Dans l'Algarve occidental l'on rencontre des basanites micacés, résultant [1] des éruptions les plus récentes du Portugal, ils traversent et métamorphosent l'Helvétien, dans la ville de Portimão; et surtout, à l'E de Lagos, entre cette ville et la Chapelle de S. Pedro, où ils présentent la grande extension. Au centre de l'Algarve, un basalte basanitoïde traverse le Lias, mais on ne peut affirmer s'il est du même âge géologique [2].

Les analyses ci-contre ont été faites par M. Raoult. Je les accompagne des paramètres magmatiques qui servent à les interpréter.

BOTANIQUE. — *De la possibilité de déceler la présence des betteraves fourragères et demi-sucrières parmi les betteraves à sucre dès le début de la végétation.* Note [3] de MM. **O. Munerati** et **A. Milan**, présentée par M. Molliard.

La méthode que nous allons décrire brièvement dans cette Note est basée sur la possibilité d'obtenir, en l'espace de 25 à 28 jours au maximum, avec une culture forcée en serre (à une température comprise entre 20° et 30° C. et avec un intense éclairage nocturne en complément de la lumière du jour suivant un procédé déjà décrit), des plantules ayant 6-8 et parfois 8-10 feuilles (non compris les cotylédons), et un pivot suffisamment développé pour permettre un diagnostic certain. Cette dernière condition est essentielle pour résoudre ce problème très délicat.

Nous réservant de publier plus tard un travail détaillé, nous nous bornons aujourd'hui à fixer les points principaux de la méthode.

1° Il faut avant tout remarquer qu'un diagnostic basé tout simplement sur l'intensité de la coloration des petites feuilles et de l'hypocotyle ne permet pas de porter un jugement absolument net, sauf les cas où il s'agit de types ayant une forte quantité de pigment, comme la betterave Rouge

(1) *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 674.
(2) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 822.
(3) Séance du 29 août 1927.

foncée de Whyte ou de Massy, la Rouge d'Égypte et autres analogues. Les graines de ces dernières ne sont d'ailleurs jamais mélangées frauduleusement à celles de betteraves sucrières, parce que d'un prix trop élevé. Et, en tout cas, il est toujours préférable de caractériser le type d'après la racine.

2° Lorsque les plantules présentent les deux premières feuilles déjà bien développées et que la deuxième paire est en train de se former, quelques îlots pigmentés apparaissent sur la petite racine, surtout aux points d'insertion des poils absorbants, même dans les variétés commerciales ayant notoirement une plus faible charge de pigment (par exemple la Mammouth, l'Eckendorf, l'Oberndorf, la Jaune de Vauriac, etc.). Pour une identification plus sûre des sujets des dites variétés, il est cependant préférable que les plantules aient quatre feuilles déjà bien développées et la troisième paire en voie de formation, ce qui, dans les conditions de culture forcée, se produit 18 ou 20 jours après le semis.

3° A ce dernier stade de développement, on peut aussi reconnaître les sujets de variétés fourragères et demi-sucrières à peau blanche. L'examen, même avec un faible grossissement, par exemple avec une simple loupe de 5 à 10 diamètres, d'une section de la petite racine ou de l'hypocotyle, permet de vérifier une corrélation très nette entre le nombre des feuilles et le nombre d'anneaux vasculaires concentriques en rapport avec le type ou la variété, ainsi que l'a observé le deuxième auteur de cette Note. Une petite betterave sucrière présente constamment, à égale quantité de feuilles, un anneau au moins en plus qu'un sujet de variété fourragère ou demi-sucrière. Cette base de diagnostic ne peut d'ailleurs laisser le moindre doute lorsque les betteraves ont déjà développé leurs six premières feuilles (toujours sans compter les cotylédons) et que la quatrième paire est en train de se former, ce qui arrive normalement 24 ou 26 jours après le semis.

Il est superflu d'ajouter que les fourragères colorées (Mammouth, Oberndorf, Eckendorf, Jaune Tankard, etc.) présentent une structure identique et il serait également facile de les reconnaître par ce caractère si elles n'étaient déjà reconnaissables au pigment localisé dans la racine.

4° En ce qui concerne le rapport entre le nombre des feuilles et celui des faisceaux concentriques, quelques variétés potagères (telles que la Rouge d'Égypte et la Reine des Noires des Collections Vilmorin) ressemblent au type betterave à sucre; mais, pour elles, il y a déjà le moyen très sûr de diagnostic par le pigment. Les bettes ou poirées présentent d'étroites

analogies avec les betteraves à sucre, mais les individus du type poirée peuvent être distingués et identifiés nettement lorsqu'ils n'ont que quatre ou six feuilles par le pigment s'ils sont de variété colorée ou, en tout cas, par leurs pétioles larges et charnus, leurs limbes crispés, et subsidiairement par la tendance qu'ont les bettes, dans les conditions de forçage, à ébaucher leur tige à la fin de la troisième semaine qui suit le semis.

5° Lorsque les plantules ont six ou huit feuilles déjà formées, il est possible d'extraire de chaque racine quelques gouttes de jus pour faire une lecture au réfractomètre. Normalement les jeunes betteraves à sucre accusent un pourcentage de matière sèche un peu plus élevé que celui des demi-sucrières et sensiblement supérieur à celui des fourragères ordinaires. Mais à cause des différences assez élevées que peuvent présenter entre eux des individus de même variété, on ne peut, — au moins avec du matériel cultivé en serre, — arriver constamment par ce moyen à une conclusion absolument certaine.

Conclusion. — En attendant qu'on arrive à découvrir une méthode qui permette de distinguer les types par l'examen de la graine elle-même (1), il est maintenant possible, même en hiver, d'émettre un diagnostic absolument sûr dans une période plus courte que celle des quatre semaines fixée par l'Association des fabricants de sucre d'Allemagne parmi les conditions du Concours bien connu de 1913.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence d'une Serpule,* Mercierella enigmatica *Fauvel, dans une rivière de la Tunisie.* Note (2) de M. L.-G. SEURAT, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'oued Bezirk, qui traverse la route de Tunis à Korbous à quelques kilomètres au delà du curieux village de Soliman, habité par les descendants des Maures andalous, à l'amorce de la péninsule du Cap Bon, est une des rivières importantes de la Tunisie, qui ne tarit pas lors de la saison sèche ; il est toutefois coupé en plusieurs tronçons séparés les uns des autres et n'ayant que des communications souterraines, en dehors des crues.

---

(1) Tous les procédés préconisés jusqu'à présent, — y compris la méthode signalée dernièrement par M. Eibl basée sur la détermination de la pression osmotique des graines, — ne peuvent être considérés pour le moment que comme de louables tentatives.

(2) Séance du 1er août 1927.

Les tronçons supérieurs offrent une faune assez banale : *Cyprinodon fasciatus* C. V., *Rana ridibunda* Pallas, nombreuses larves de Moustiques, Cousins et Anophèles, Bullins, Planorbes, Limnées, vivant au milieu d'une végétation de Myriophylles.

La partie inférieure de la rivière, en aval de la route, offre par contre une faune des plus remarquables ; ce tronçon, largement alimenté, avec un gué où viennent s'abreuver les bœufs, se poursuit sur quatre à cinq kilomètres jusqu'à la mer, dont il est séparé par une barre qui en défend l'accès.

Vers le milieu de son parcours, on observe une faune comprenant les éléments suivants : *Rana ridibunda* Pallas, *Clemmys leprosa* Schweigger, très rare, *Potamon edule* très rare, Paludestrines, *Atyaëphyra Desmaresti* (Joly) (¹), très commun au milieu d'une végétation de *Ruppia* et de *Chara*. En soulevant les blocs de grès calcaires épars dans la rivière en cet endroit, j'ai constaté, au mois de juin dernier, la profusion extrême du *Mercierella enigmatica* Fauvel (²), signalé pour la première fois dans le canal de Caen à la mer, puis dans la Rance, dans la Tamise, et enfin dans la Méditerranée, à Gandia, près de Valence, où il vit dans des conditions analogues à celles où je l'ai observé, c'est-à-dire dans de l'eau presque douce (P. Fauvel) ; les tubes de ce petit Serpulien couvrent littéralement les parties inférieures et latérales des blocs, voisinant avec un Bryozoaire (non encore déterminé), avec un Sphérome (*Sphæroma Helleri?*) et deux Amphipodes (*Leptocheirus pilosus* Zaddach et *Gammarus locusta* L.).

Cette faune disparaît en aval, dans la région voisine de l'estuaire, où l'on ne trouve plus, au milieu d'une végétation de *Ruppia*, que de petits Gastropodes et de jeunes *Nereis diversicolor* (O.-F. Müller). Cette partie de la rivière est envahie par la mer quand cette dernière monte, non pas sous l'action de la marée luno-solaire, qui est faible dans le golfe de Tunis, mais sous l'action de certaines conditions atmosphériques, pression, vent ; elle est d'ailleurs fréquentée par des Poissons euryhalins (Muges).

(¹) Détermination de M. H. Gauthier ; cette Crevette abonde dans l'oued Miliane, plus rapproché de Tunis.

(²) Détermination de M. P. Fauvel.

PHYSIOLOGIE. — *Le* pH *et la réserve alcaline dans l'avitaminose* C. Note [1] de MM. **G. Mouriquand**, **A. Leulier** et **P. Sédallian**, transmise par M. Charles Richet.

L'étude approfondie de la nutrition des animaux soumis à l'avitaminose C fournit des renseignements importants pour l'étude générale des dystrophies.

Nous avons en particulier montré que le scorbut expérimental abaisse le taux du fer sanguin [2] qui se relève rapidement par addition de jus frais à la ration, et fait baisser la cholestérine des surrénales sans toucher à celle des autres organes et du sang [3].

Par des recherches remontant à 1921 [4] nous avons abordé l'étude des rapports du scorbut et de l'acidose. Notre Note laissait en suspens un certain nombre de problèmes dont nous venons de reprendre l'étude.

Nos recherches ont porté sur les deux points suivants :

Existe-t-il de l'acidose au cours du scorbut expérimental ?

Les accidents scorbutiques sont-ils dus à l'acidose ?

I. *Existe-t-il de l'acidose au cours du scorbut expérimental?* — Ces recherches ont comporté la détermination du pH et celle de la réserve alcaline.

A. *Détermination colorimétrique du* pH [5]. — Sans entrer dans les détails techniques nous signalerons que le pH des cobayes normaux a évolué entre 7,45 et 7,55 et le pH des cobayes au 25e jour de l'expérience entre 7,35 et 7,40, au 29e jour entre 7,40 et 7,60, au 32e jour entre 7,20 (cobaye à l'agonie) et 7,50. En somme sauf dans un cas où le cobaye était à l'agonie, ce qui explique la chute du pH, celui-ci n'a pas été influencé par l'avitaminose C.

---

(1) Séance du 17 août 1927.

(2) Mouriquand, Leulier et P. Michel, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 86.

(3) Mouriquand et Leulier, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1699, et **181**, 1925, p. 434; Mme Randoin et Mlle Michaux, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1055.

(4) G. Mouriquand et P. Michel, *Scorbut et acidose* (*C. R. Soc. Biol.*, **85**, 1921, p. 867).

(5) Avec la collaboration de M. Martin-Rosset.

Recherches sur la réserve alcaline [1] :

Cobayes normaux : Nous avons successivement trouvé les chiffres suivants : 28 ; 31,8 ; 36,5 ; 33,8 ; 29 ; 22,6 ; 23,5 ; 27,1 ; 25,2 ; 27,9 ; 26,4 ; 28,1.

Cobayes au 27e jour de l'expérience : 28 ; 23,5 ; 23,5 ; 25.

Cobayes au 30e jour : 9,9 ; 16,6 ; 25,2 ; 17,6 ; 13,7 ; 9,9.

Cobayes au 33e jour : 14,7 ; 12,8 ; 25,6.

Cobayes au 40e jour ; 9,1 ; 9,9.

On observe donc un abaissement de la réserve alcaline au cours de l'avitaminose C [2], mais cet abaissement est tardif et ne se montre en général qu'après le 27e jour. Il importera de préciser si cet abaissement est imputable à l'inanition (Réunion biologique de Lyon, juillet 1927) ou à l'anémie provoquée par l'avitaminose.

B. *Les accidents scorbutiques sont-ils dus à l'acidose?* C'est l'opinion de Morgen et Berger (1915), de Glanzmann (1920), etc. Nous l'avons déjà réfutée [3] en montrant que l'adjonction à la ration des sels alcalins (bicarbonate, lactate et citrate de sodium) n'influence pas l'évolution du scorbut.

A cet argument nous pouvons joindre le suivant que précisent nos recherches actuelles : la baisse de la réserve alcaline ne se fait que longtemps après l'apparition des signes du scorbut.

Les lésions scorbutiques ne sont donc pas fonction de l'acidose.

Ces recherches biochimiques nous montrent avec netteté qu'il existe deux phases dans l'évolution du scorbut expérimental. Pendant la première (du 12e au 26e jour environ) se développent des manifestations ostéohémorragiques typiques, sans atteinte marquée de l'état général, sans lésions biochimiques nettes. C'est la *phase prédystrophique*. Dans la deuxième, qui va du 26e jour environ à la mort, en même temps que s'installe le fléchissement pondéral se développent des lésions biochimiques précises : chute du

---

(1) Nous rappellerons que ces chiffres s'entendent pour le plasma préparé avec les précautions classiques mais non saturé ultérieurement de CO^2. Il s'agit en somme du taux de CO^2 fixé sous forme de bicarbonate et non de CO^2 dissous. Les chiffres sont faibles mais gardent toute leur valeur de comparaison et leur signification expérimentale.

(2) Ces chiffres étaient acquis lorsque nous avons eu connaissance d'un travail de Lepper et Silva (*Biochem. Journ.*, **19**, 1925, p. 581) qui aboutit à des résultats voisins des nôtres. L'interprétation qu'ils en donnent n'apparaît pas évidente et appelle de nouvelles recherches.

(3) G. Mouriquand et P. Michel, *loc. cit.*

taux du fer sanguin, de la cholestérine des surrénales et abaissement de la réserve alcaline. Ces troubles sont contemporains. Ils marquent l'installation de la *phase dystrophique*.

Ces deux phases paraissent exister dans d'autres maladies que le scorbut; la clinique devra tenir compte de ces faits expérimentaux.

PROTISTOLOGIE. — *La gamétogénèse méiotique du Flagellé* Paradinium Poucheti. Note [1] de M. **Édouard Chatton**, transmise par M. F. Mesnil.

Le *Paradinium Poucheti* est un Flagellé voisin des *Cryptomonas* dont les stades végétatifs plasmodiaux, parasites dans la cavité générale des Copépodes pélagiques du genre *Acartia*, ont l'allure des Protéomyxées. Son évolution, telle qu'elle est connue d'après la Note de Pouchet [2] et l'étude que je lui ai consacrée [3], peut être résumée ainsi : les stades les plus précoces observés dans les *Acartia* sont des éléments uni ou plurinucléés, réunis entre eux par de longs pseudopodes, formant un filoplasmode tendu dans les espaces interviscéraux. Dans ces éléments (blastodes), les noyaux se multiplient activement par mitoses, tandis que le cytoplasme ne s'accroît que très peu. Mais à un moment donné, c'est l'inverse qui se produit et le blastode devient un lobe de plasmode quiescent à noyaux espacés et oxychromatiques. Ce plasmode ne pourra poursuivre son évolution que dans l'eau de mer.

Des lobes de ce plasmode passent par diapédèse de la cavité générale dans la lumière intestinale d'où ils sont évacués par l'anus. Aussitôt à même l'eau de mer, ils s'arrondissent et s'entourent d'une membrane qui se gonfle en une gangue mucilagineuse. Dans ces gonosphères, se forment au bout de 1 heure et demie des amœbules à deux flagelles, qui donnent elles-mêmes vers la quatrième heure des flagellispores incolores du type *Cryptomonas*. Elles éclosent vers 4 heures et demie et après quelques heures se muent directement en amœbules à pseudopodes acuminés-réticulés. Leur destinée n'a pu être suivie.

Faute d'une technique appropriée, permettant de débiter en coupes les

---

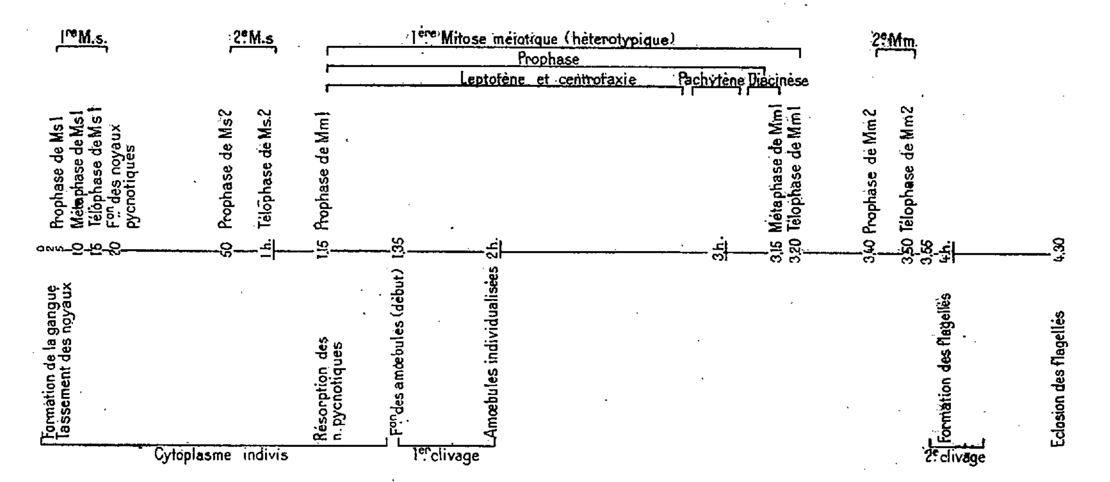
(1) Séance du 17 août 1927.

(2) *Sur un Flagellé parasite viscéral des Copépodes* (*C. R. Soc. Biol.*, 42, 1890, p. 312).

(3) *Les Péridiniens parasites* (*Arch. Zool. exp. et gén.*, 59, 1919, p. 1-475).

gonosphères, je n'avais pu mener à bien l'étude cytologique de la sporogénèse. La méthode de micro-inclusion à la gélose-paraffine, que j'ai instituée à cette occasion ([1]), m'a permis de combler cette lacune et de reconnaître que la sporogénèse a tous les caractères d'une gamétogénèse méiotique dont les phases ont pu être suivies dans le plus grand détail et se succèdent suivant une chronologie qui, pour une température donnée (ici 18°), est tout à fait constante. Elle comporte essentiellement deux mitoses de type somatique, équivalentes à des mitoses goniales et deux mitoses méiotiques, la première hétérotypique et la seconde homéotypique, ces deux dernières coïncidant avec la résolution du plasmode en germes.

Le diagramme ci-dessous la récapitule d'après l'observation *in vivo* con-



juguée avec l'étude des stades fixés à temps connus. Il y faut ajouter les éclaircissements suivants : la première mitose est précédée d'un tassement des noyaux au centre de la gonosphère. Cette mitose terminée, un certain nombre des noyaux qui en sont issus deviennent pycnotiques et seront résorbés au bout d'une heure environ. Cette dégénérescence n'a rien à faire avec la méiose et l'on ne doit y voir qu'un processus banal de régularisation caryo-plasmatique. Au moment où s'ébauchent les amœbules, les flagelles poussent, à raison de deux par centrosome, comme dans les spermatocytes flagellés des *Pygæra* (Meves), des *Cybister* (Voïnow) et d'autres Insectes. La longue durée de la prophase méiotique est conforme à ce que l'on

([1]) *Technique de double inclusion à l'agar et à la paraffine pour microtomie d'objets très petits* (*C. R. Soc. Biol.*, **88**, 1923, p. 199).

observe dans toute spermatogénèse ou ovogénèse. Particularité remarquable : la centrotaxie est double, parce que les deux centrosomes sont déjà en opposition au moment où elle se produit. On ne reconnaît pas nettement l'existence du stade zygotène, mais pendant la diacinèse il se forme des tétrades-anneaux et des tétrades-croix bien caractérisées qui se dissocient au cours des deux mitoses méiotiques. Les flagellispores cryptomonadiennes et les amœbules qui en procèdent sont donc des gamètes haploïdes. Mais il n'a pas été jusqu'ici possible d'assister à la fécondation.

Nous avons là, en somme, le premier exemple de l'existence, chez un Flagellé, d'une gamétogénèse exactement comparable, dans sa démarche et sa complexité, à une spermatogénèse. Il n'est pas sans intérêt, au moment où la place de la méiose dans le cycle évolutif des Protozoaires préoccupe les protistologues et où elle est vivement controversée chez les Sporozoaires, de présenter un cas précis et indiscutable d'une méiose gamétique chez un flagellé très primitif, qui par ses stades plasmodiaux est apparenté aux Protéomyxées.

On remarquera en outre le déterminisme, susceptible d'une étude expérimentale facilitée par la connaissance des temps, de cette méiose, analogue à celui des œufs pondus à l'état d'ovocytes de premier ordre et qui effectuent leur maturation à leur entrée dans l'eau de mer.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1927 (*suite*).

Atlas des spectres des substances colorantes. Ire Partie : *Les spectres d'absorption des substances colorantes organiques* mesurés par P. M. Nedopekin, sous la direction de P. Lasareff. Leningrad, Académie des sciences, 1927; 1 vol. 29cm. (Présenté par M. Matignon.)

Levantamiento de Planos por medio de la fotografia estereoscópica, par José Maria Torroja. Madrid, 1913; 1 fasc. 23cm,5.

La estereofotogrametría en 1915, par José Maria Torroja. Madrid, 1915; 1 vol. 25cm.

Fotogrametría terrestre y aérea, discurso, par José Maria Torroja y Miret. Madrid, 1920; 1 fasc. 24cm,5.

La estereoscopia de los objetos en movimiento y sus aplicaciones, par José Maria Torroja y Miret. Madrid, 1923; 1 fasc. 24cm.

La fotogrametría aérea sus métodos y aparatos, par José Maria Torroja. Madrid, 1924; 1 fasc. 29cm.

La estereofotogrametria en 1924, par José Maria Torroja. Madrid, 1925; 1 vol. 24cm,5.

El Plano fotogramétrico del Puente de Toledo, par José Maria Torroja. Madrid, 1927; 1 fasc. 31cm. (Présentés par M. G. Perrier.)

Discours et conférences sur la Science et ses applications, par Charles Moureu. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 21cm.

Redressement financier du franc. Émission de rente or stabilisatrice, par Louis Ravier. Alençon, 1927; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Dépôts métalliques directs et indirects, par M. Gasnier. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1927; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Léon Guillet.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que le 19 septembre ayant été déclaré jour férié, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 20.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Valence et composés d'addition.* Note (¹) de M. **Jean Perrin.**

1. En développant, à propos des relations entre Lumière et Matière, une théorie générale des réactions chimiques, j'ai dû admettre (²) que toute réaction $A \rightarrow A'$ se décompose selon les réactions élémentaires suivantes : *activation* (endothermique) de molécules du système A; *association* des molécules du système a ainsi obtenu en une molécule α d'addition; *dissociation* de cette molécule α en molécules a'; enfin *désactivation* du système a', donnant A'. Par exemple une réaction bimoléculaire s'analyse comme suit :

$$\begin{matrix} A_1 \rightarrow a_1 \\ A_2 \rightarrow a_2 \end{matrix} \quad a_1 + a_2 \rightarrow \alpha \quad \alpha \rightarrow a'_1 + a'_2 \quad \begin{matrix} a'_1 \rightarrow A'_1 \\ a'_2 \rightarrow A'_2 \end{matrix}$$

On retrouve ainsi une vieille conception de Kékulé (³) : « Quand deux molécules agissent l'une sur l'autre, disait-il, elles s'attirent d'abord et s'additionnent; les affinités des divers atomes font alors que souvent des

---

(¹) Séance du 5 septembre 1927.

(²) *Lumière et Réactions chimiques* (*Deuxième Conseil de Chimie Solvay*, 1925, p. 338; Paris, Gauthier-Villars). Lire aussi dans le même volume le beau rapport de A. Job sur *Les réactions intermédiaires dans la catalyse*.

(³) *Lehrbuch der organischen Chemie*, 1, 1866, p. 142.

atomes qui avaient appartenu à des molécules différentes tombent dans une étroite dépendance. Aussi le groupe d'atomes qui s'étaient soudés alors qu'ils étaient divisés dans un certain sens, se sépare-t-il en se divisant dans un autre sens. »

Cherchant si tous les composés d'addition qu'il faut alors imaginer peuvent se concilier avec la notion de valence, j'ai essayé de formuler en ce sens une doctrine nette (et je dirai aussi conservatrice que possible) en choisissant parmi les hypothèses déjà plus ou moins connues (au besoin précisées), et je me permets de l'indiquer ici, pour le cas où elle serait utile à d'autres chercheurs.

2. Il semble bien que la Chimie conduit à considérer toute molécule comme un solide où la rigidité est obtenue grâce à des sortes de barres d'assemblage dont chacune joint deux atomes, le nombre de barres issues de chaque atome (ou valences) étant fixé par la nature de cet atome, ainsi que les angles qu'elles font les unes avec les autres (sauf positions forcées).

Si, d'autre part, l'atome, comparable à un système solaire, est fait d'un noyau positif retenant par son attraction des électrons planétaires, on voit d'abord mal comment les forces électriques, qui varient de façon continue avec la distance et qui doivent s'exercer à la fois entre tous les électrons et tous les noyaux, peuvent maintenir des assemblages ayant les discontinuités exigées par les chimistes. Mais, depuis qu'on sait que les orbites électroniques et les angles que font entre eux leurs plans doivent former des séries discontinues (Bohr), on conçoit que la structure électronique est compatible avec la rigidité que suggèrent tant de faits (et sans laquelle nous ne pourrions même pas comprendre la rigidité de nos solides usuels). Reste à retrouver la valence.

3. Rappelons d'abord, avec Kossel, la stabilité des cortèges planétaires des éléments de la famille de l'argon (peu de cohésion, pas de combinaisons, c'est-à-dire champ extérieur pratiquement nul en tout point, c'est-à-dire distribution électronique équivalant à une couche négative sphérique annulant à l'extérieur le champ de noyau).

Nous pouvons dire qu'un tel assemblage électronique est *fermé*. Nous admettrons, encore avec Kossel, que, plus ou moins resserré, il garde cette répartition fermée quelle que soit la charge nucléaire qui le retient : 18 électrons, qui autour de la charge $+18$ donnent l'atome d'argon, forment encore un assemblage fermé s'ils sont retenus par la charge $+19$, mais cet ensemble argonoïde (qui est l'ion potassium) peut alors retenir un électron supplémentaire périphérique en donnant l'atome neutre de

potassium; et de même ces 18 électrons forment un assemblage fermé autour du noyau +17, l'ensemble constituant alors l'ion négatif chlore.

La valence électrolytique consisterait selon Kossel en ce que par exemple l'électron périphérique de K est capté par Cl, deux assemblages fermés K^+ et Cl^- étant ainsi réalisés, que leurs charges globales maintiennent l'un contre l'autre. Incidemment, appliquant la même idée, disons à $FeCl^2$ ou $FeCl^3$, nous devons penser que Fe^{++} ou Fe^{+++} sont aussi des assemblages fermés, de types peut-être différents de celui de l'argon.

4. Mais il y a des liaisons qui ne peuvent s'interpréter ainsi : telles, simplement, celles qui unissent deux atomes identiques, comme dans H^2 ou Cl^2. Lewis, puis Langmuir, ont beaucoup étendu la conception électronique de la valence par un postulat fécond (au reste *tout à fait inexpliqué* du point de vue atomistique, ce qui en fait une règle plutôt qu'une théorie); ils admettent que deux octets (et plus généralement deux assemblages fermés : doublets héliumoïdes, octets ou assemblages argonoïdes, et aussi assemblages tels que Zn^{++} ou Fe^{+++}) peuvent posséder en commun deux électrons. Cette liaison biélectronique (rigide) constituerait une valence.

Selon cette façon de voir, les valences de molécules telles que Cl^2 ou ClOCl s'interprètent immédiatement, et l'on voit en même temps que toute valence C — H ou O — H est réalisée par un couple d'électrons formant doublet héliumoïde autour de H^+, en même temps qu'il appartient à un octet. Nous concevrons sur ce même modèle les molécules HF et HCl (et peut-être on pourrait employer le même schéma pour la molécule KCl où K^+ remplacerait H^+ en sorte que tous les degrés puissent exister dans la polarité d'une valence). Quant à H^2, le cortège électronique se réduit à un doublet héliumoïdal retenu par l'ensemble des deux noyaux H^+.

5. Mais est-il nécessaire qu'une liaison entre atome soit biélectronique (bien que sans doute ce genre de liaison, peut être héliumoïdal, soit particulièrement robuste) ? Nous trouvons ainsi, précisée, l'hypothèse du fractionnement de la valence en lignes de valence défendue sous diverses formes [1] par plusieurs chimistes (Schützenberger, Thièle, Kaufmann, Lapworth, Lawry, etc.).

Donc nous supposerons qu'un système rigide peut être constitué par deux octets ou mieux deux assemblages électroniques fermés, ayant en commun non plus deux mais un seul électron. Ce sera la *liaison monoélec-*

---

(1) Voir SWARTS, *Les réactions interatomiques médiates* (*Deuxième Conseil de Chimie Solvay*, 1925, p. 214-226. Paris, Gauthier-Villars).

tronique ou *semivalence*, moins robuste que la liaison biélectronique ou valence. Par exemple, il pourra exister une molécule Cl^3 faite de trois octets associés en triangle par trois semivalences, molécule inexplicable avec la valence ordinaire et dont pourtant l'existence semble établie. Nous comprenons de même la formule symétrique de Kaufmann pour l'anneau benzénique, deux atomes contigus quelconques de l'anneau étant reliés par une valence et en plus par une semivalence.

Continuant à représenter par un trait plein la valence ordinaire (biélectronique), on représentera commodément la semivalence ou liaison monoélectronique par un trait pointillé au milieu duquel un petit cercle pourra, s'il est utile, figurer l'électron (····· ou ··o··).

6. Il est à présumer, si cette notion est fondée, que beaucoup de formules classiques, où l'on n'a fait figurer que des valences ordinaires, seront à réviser. Mais j'ai seulement en vue, ici, de faire observer que la semivalence explique de façon heureuse les composés d'additions α par lesquels passe de la matière prise dans l'état A et laissée dans l'état A'.

Voici par exemple H et I qui donnent HI par réaction réversible. Nous penserons qu'il y a formation intermédiaire du dimère $(IH)^2$, selon l'écriture :

```
 H — H        H····· H         H     H
+        →    ⁞       ⁞   →    |  +  |
 I — I        I····· I         I     I
```

Le dimère $(CH^3COOH)^2$ de l'acide acétique, assez stable puisqu'il existe en assez forte proportion dans les solutions ou même la vapeur de cet acide pourrait avoir la formule (I).

L'eau polymérisée (presque la moitié de l'eau liquide ordinaire) sera sans doute le trimère de formule (II), qui a la symétrie hexagonale de la glace cristallisée.

A ce propos, l'oxonium ou oxygène trétravalent n'existe probablement par, mais de l'atome ordinaire d'oxygène peuvent partir quatre semivalences aboutissant à quatre groupements différents.

Le trioxyméthylène ou trimère de la formaldéhyde aura la formule (III)

```
                                  H
         O                        |
         ‖                        O                      O
 CH³— C·········OH          H·´       `·H         H²C ·´   `· CH²
       ⁞          ⁞                                  ⁞        |
  HO·········C   — CH³       O·         ·O            O ·      ·O
              ‖          H´    `· H ·´   `H             `· C ·´
              O                                            H²
         (I).                   (II).                   (III).
```

L'éthérification s'écrira

$$\begin{array}{c} R-\overset{H^2}{\overset{\|}{C}}-OH \\ +\quad X-H \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} R-\overset{H^2}{\overset{\|}{C}}\cdots OH \\ \vdots \qquad \vdots \\ X\cdots\cdots H \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} R-\overset{H^2}{\overset{\|}{C}} \\ | \\ X \end{array} + H^2O$$

On multipliera sans peine de tels exemples, montrant le pouvoir explicatif d'une notion qui semble bien conserver tout ce qu'il y a d'utile et de fixe dans la vieille idée de la valence.

NOMINATIONS.

MM. **Ch. Moureu**, **A. Desgrez**, **Ch. Depéret**, **V. Grignard** sont désignés pour représenter l'Académie au *XIIe Congrès international d'hydrologie, de climatologie et de géologie médicales* qui se tiendra à Lyon du 5 au 9 octobre.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Anatomie radiographique du squelette normal. Atlas par J. Belot et F. Lepennetier. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme des transpositions moléculaires.* Note [1] de Mme **Ramart-Lucas**, transmise par M. Jean Perrin.

De grands efforts ont été tentés pour expliquer le mécanisme des transpositions intramoléculaires et pour établir des règles qui permettent de les prévoir.

Les hypothèses émises jusqu'ici impliquent soit la migration d'éléments ou de radicaux sur des atomes différents, soit la formation de chaînes fermées suivie de l'ouverture de ces mêmes chaînes. Or il semble qu'on puisse atteindre une explication très simple en utilisant la conception de

(1) Séance du 5 septembre 1927.

liaison monoélectronique (ou semivalence) proposée par M. Jean Perrin [1] pour expliquer les réactions polymoléculaires.

Je me propose de montrer ici combien simplement les tautoméries et transpositions moléculaires peuvent alors être expliquées par des migrations d'électrons entre atomes voisins.

Sous l'influence de la chaleur, de radiations ou de catalyseurs une molécule A serait susceptible de prendre une forme peu stable α (Arrhénius, Jean Perrin, Lewis), dans laquelle certains atomes sont liés par des liaisons monoélectroniques. Cette molécule α pouvant se transformer, soit en la molécule A suivant le mécanisme (I), soit en la molécule A′ suivant le mécanisme (II).

Dans les schémas suivants, les valences ordinaires (biélectroniques) sont représentées par des traits pleins et les liaisons monoélectroniques par des traits pointillés (électrons indiqués par de gros points noirs). Les tirets perpendiculaires aux traits pointillés indiquent une rupture possible et chaque flèche indique la migration de l'électron après cette rupture.

Équilibre Cétone ⇄ Enol :

$$\underset{\text{(A)}}{R - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - CH^2.R'} \rightleftharpoons \underset{\text{(A')}}{R - \underset{\underset{OH}{|}}{C} = CH.R'}$$

α serait : R—C——CH.R′ / O- - -•- - -H (α). donne A selon : R—C——CH.R′ / O-+-•- - -H (I). et A′ selon : R—C——CH.R′ / O- - -•- - -H (II).

Un même schéma représente la transformation de l'α-éthoxystyrol en propylphénylcétone, des amides en imides, des lactames en lactimes (il suffit de remplacer $— CH^2.R'$ par NH^2 ou $NH.R'$).

Transformation isocyanate d'ammonium-urée

$$O = C = NH.NH^3 (A) \rightarrow O = C\langle^{NH^2}_{NH^2} (A').$$

$O{=}C{=}NH + NH^3 \rightarrow$ O = C ——— NH / H^2N- - -•- - -H (α) qui donne A′ selon : O = C ——— NH / H^2N-+-•- - -H

[1] *Valence et composés d'addition.* Dans cette même Séance, page 557.

Si à NH^3 on substitue $NH^2.NH^2$, on obtient la transformation isocyanate d'hydrazine → semicarbazide.

Transposition dans la série benzénique. — Un grand nombre d'éthers phénoliques et d'anilines N substituées changent de structure sous l'influence de la chaleur ou de catalyseurs. Les composés de formules générales C^6H^5OR, $C^6H^5NH.R$, $C^6H^5N\langle^{R}_{R'}$ (R, R′ radicaux monovalents) sont transformés respectivement en phénols et amines primaires ou secondaires substitués dans le noyau. La transposition en ortho subie par les éthers phénoliques pourra être interprétée comme suit :

$$C^6.H^5.OR \rightarrow \; [\ldots] \; \rightarrow C^6H^4\langle^{OH\ (1)}_{R\ \ \ (2)}$$

Les transpositions les plus connues des éthers phénoliques sont celles de composés dans lesquels R = — COONa, — $CO.CH^3$, — SO^4H.

Le mécanisme de la transformation des composés azotés déjà cités sera calqué sur celui des éthers phénoliques : l'atome d'O de ces derniers sera remplacé par NH ou N.R′. Ces migrations se font ordinairement à chaud en présence d'acides ou de catalyseurs. Les transpositions les plus connues sont celles des alcoylanilines, des hydrazoïques, des phénylhydroxylamines, des nitramines, des nitrosamines, etc. A titre d'exemple, j'indiquerai le mécanisme des transpositions *p*-semidinique et *p*-benzidinique :

$C^6.H^5.NH.NH.C^6.H^5 \rightarrow C^6.H^5.NH.C^6.H^4.NH^2$ et $C^6.H^5.NH.NH.C^6.H^5 \rightarrow H^2N.C^6.H^4.C^6.H^4.NH^2$;

$$\begin{matrix}C^6.H^5.NH\\|\\C^6.H^5.NH\end{matrix} \rightarrow [\ldots] \rightarrow \begin{matrix}NH.C^6.H^5\\|\\C^6.H^4.NH^2\end{matrix}$$

Transposition semidinique.

$$\begin{matrix}C^6.H^5.NH\\|\\C^6.H^5.NH\end{matrix} \rightarrow [\ldots] \rightarrow \begin{matrix}C^6.H^4.NH^2\\|\\C^6.H^4.NH^2\end{matrix}$$

Transposition benzidinique.

On voit par ces exemples que les transpositions peuvent être produites simplement par migration d'électrons sur des atomes contigus, migration se faisant surtout quand les atomes sont liés soit par une « semivalence », soit par une valence et une semivalence.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des environs d'Hasparren (Basses-Pyrénées).* Note (¹) de M. **Pierre Viennot**, transmise par M. Pierre Termier.

A l'occasion de la revision de la feuille géologique *Bayonne* au 1/80000ᵉ, j'ai repris récemment l'étude du grand accident qui se développe en forme de croissant entre Armendarits et Hasparren, au bord de la nappe du Labourd. Dans ma description antérieure (²), je l'avais considéré comme un lambeau de la nappe, sans méconnaître que des questions restaient ouvertes. L'analyse minutieuse de son extrémité occidentale (j'ai consacré près d'une semaine à explorer une dizaine de kilomètres carrés) m'amène à une interprétation nouvelle qui me paraît expliquer l'ensemble des faits observés.

La région qui s'étend à l'Est d'Hasparren est constituée par des croupes à topographie peu accusée, et à ce point couvertes par la végétation que Seunes, auteur de la feuille *Bayonne*, ne se doutant pas de l'accident complexe qu'elle cachait, l'avait représentée uniquement en Flysch. Dans ma première exploration, j'avais pu suivre les bandes calcaires jurassiques et crétacées, ainsi que la mylonite gneissique, jusqu'aux environs d'Hasparren. J'ai figuré sur ma carte (*op. cit.*, *Pl. XII*) ces diverses bandes se terminant en languettes au milieu d'une masse schisteuse attribuée au Flysch.

L'examen systématique de tous les affleurements que j'ai pu découvrir vient de me prouver que cette masse schisteuse, d'un faciès à peu près uniforme, traversée par la route entre Hasparren et Ayherre, est en réalité complexe, et constituée par la convergence des niveaux marneux du Lias, du Jurassique moyen et de l'Albien, se terminant au contact du Flysch au Nord-Est d'Hasparren; les schistes de l'Aptien moyen se laminent auparavant sur le méridien d'Ayherre. Ces divers niveaux, dépourvus de fossiles, présentent entre eux et avec le Flysch de très grandes ressemblances, mais j'ai pu arriver à les distinguer : les schistes liasiques sont purement argileux et marneux, tandis que ceux du Médiojurassique, plus fissiles, s'accompagnent de grès; ceux de l'Aptien, identiques aux schistes liasiques, ne peuvent se reconnaître que par leur intercalation dans les

(¹) Séance du 29 août 1927.

(²) P. Viennot, *Recherches structurales dans les Pyrénées occidentales françaises* (*Bull. Carte Géol. Fr.*, nº 163, 1927, *passim*).

calcaires à Rudistes; les schistes albiens sont au contraire moins fissiles, d'aspect terreux, et passent insensiblement à leur base à un horizon gréseux, qui s'est d'ailleurs secondairement enrichi en silice; enfin le Flysch montre des alternances de petits bancs gréseux de quelques centimètres d'épaisseur et de schistes très fissiles se débitant en paillettes, les schistes prenant plus d'importance à mesure que l'on s'élève dans la série.

Les divers niveaux calcaires intermédiaires se coincent les uns après les autres entre les bandes schisteuses et disparaissent en biseau vers l'Ouest. J'ai pu trouver la trace la plus occidentale du calcaire liasique à 300^{m} au Sud-Ouest du moulin de Chocea, dans une ancienne petite carrière transformée en roncier. Deux carrières de calcaire noir du Jurassique moyen sont cachées dans un boqueteau à 100^{m} au Nord de la maison Aguerria, et constituent le dernier affleurement de la bande qui vient de la feuille *Orthez*, au Sud des schistes gréseux, un peu plus récents, qui passent aux cotes 102 et 94. Il est impossible d'analyser le comportement des couches aptiennes, qui sont en grande partie cachées sous les alluvions et éboulis schisteux accumulés dans la zone déprimée d'Isturits-Ayherre. Le niveau calcaire inférieur à *Toucasia carinata* n'affleure pas au delà des bois au Nord de la maison Londaits. Le niveau calcaire supérieur à *Horiopleura Lamberti* passe au château de Belzuncia, et converge, à l'Ouest de la Joyeuse, à la maison Uhaldia, avec le calcaire spathique à radioles de *Cidaris pyrenaica*, *Rhynchonella lata*, *Terebratula sella* et *Orbitolina* cf. *conica*, qui n'est visible qu'en pointements isolés sous les éboulis le long de la route d'Isturits.

Ces observations m'amènent à préciser et à modifier ma description antérieure. *La série, depuis le gneiss jusqu'au Flysch, est normale*, les anomalies que j'avais décrites dans la zone déprimée d'Isturits-Ayherre devant être rapportées aux laminages et changements de direction différentiels connexes de la torsion du croissant. Le *calcaire spathique à Cidaris*, d'après sa situation dans la série stratigraphique, *est à rapporter à la base de l'Albien*, et non au Vraconnien. Les divers niveaux gréseux que j'avais attribués au Flysch se répartissent dans le Jurassique et le Crétacé. Les *grès albiens sont silicifiés à la base;* j'ai trouvé ces roches enrichies de calcédoine et de quartz, en place, en trois endroits différents; c'est à elles qu'il faut rapporter les blocs, parfois énormes, de quartzite à ciment siliceux qu'on rencontre sporadiquement dans la zone déprimée de Saint-Martin-d'Arberoue à Ayherre. MM. Carez, Termier et L. Bertrand les avaient attribuées aux gneiss et quartzites paléozoïques, tandis qne MM. Stuart-Menteath et Fournier y voyaient la base silicifiée du Flysch.

L'accident en forme de croissant qui se développe d'Armendarits à Hasparren est enraciné. Son flanc inverse est réduit à quelques copeaux très minces, que j'ai décrits (*op. cit.*, p. 229). Son flanc direct comporte les divers niveaux du gneiss au Flysch, affectés de pendages très raides vers le Nord, présentant une torsion et des laminages, et ne montrant pas trace de terminaisons périanticlinales. Il s'agit d'une écaille aberrante, ou plus exactement *d'une sorte d'extrusion presque verticale des couches formant le substratum du Flysch. La même conclusion se généralise logiquement à tous les autres accidents qui, de Suhescun à Cambo, avec des formes très capricieuses, auréolent le bord de la nappe du Labourd.* Celle-ci, dont je viens d'étudier la tectonique, se présente comme une énorme vague de roches métamorphiques et de sédiments paléozoïques, *poussée au Nord :* les pendages affectant le massif ancien sont, en très grande majorité, faibles, et orientés au Sud.

ALGOLOGIE. — *Sur le* Cutleria monoica *nov. sp., gamétophyte de l'*Aglaozonia chilosa *Falk.* Note (¹) de M. **G. Ollivier.**

A cause du mode particulier d'accroissement de leur thalle, de leur reproduction hétérogamique et de l'alternance de leurs générations sexuée et asexuée, l'une et l'autre macroscopiques, on accorde aux Cutlériales l'importance taxinomique d'un ordre, sinon d'une classe, malgré le petit nombre de leurs représentants. Le groupe comprend seulement les deux genres *Zanardinia* Nardo, avec une seule espèce *Z. collaris* Cr., monoïque, et *Cutleria* Grev., avec les deux espèces dioïques *C. multifida* Grev. et *C. adspersa* De Not. Chez le *Zanardinia*, le gamétophyte et le sporophyte sont identiques, mais celui-ci est si différent chez les *Cutleria*, que l'on a conservé pour lui le genre *Aglaozonia* que Zanardini avait établi autrefois et qui est si commode dans la pratique : *A. parvula* Zan. pour le premier et *A. melanoidea* Sauv. pour le second. Ce groupe est donc particulièrement intéressant et, grâce aux facilités de travail que j'ai trouvées aux laboratoires de Villefranche-sur-Mer et de Monaco, je suis en mesure de faire connaître un *Cutleria* nouveau, qui comble heureusement une lacune dans nos connaissances.

(¹) Séance du 5 septembre 1927.

En effet, Falkenberg avait récolté à Naples, en 1879, un *Aglaozonia* stérile qu'il nomma *A. chilosa*. On l'a rencontré depuis en divers points de la Méditerranée, mais toujours à l'état stérile. Ne possédant aucune indication sur son *Cutleria*, on pouvait se demander s'il ne se multiplie pas constamment par voie asexuelle ou par bourgeonnement, comme le fait l'*A. parvula* dans l'Europe septentrionale.

L'*A. chilosa* ne peut être confondu avec l'*A. melanoidea*. S'il ressemble beaucoup à l'*A. parvula* par sa structure, il s'en distingue par sa station plus profonde (20 à 80^{m}), sa forme plus étroite, sa ramification plus rare, sa moindre adhérence au support, ses rhizoïdes moins abondants; un Pyrénomycète parasite [1] l'envahit parfois. J'en ai observé les sores en avril, tandis que l'*A. parvula* fructifie en décembre. Néanmoins, les deux espèces concordent bien au point de vue de l'étendue et de la constitution des sores, du nombre et du mode de germination des zoospores.

Falkenberg supposait qu'il est le sporophyte du *C. adspersa*, mais C. Sauvageau a démontré en 1899 que ce rôle est dévolu à l'*A. melanoidea* jusque-là méconnu. L'*A. chilosa* demeurait donc sans gamétophyte. J'ai rencontré au printemps, d'Antibes à Monaco, le *C. multifida* et le *C. adspersa* : ils vivent toujours à faible profondeur, sont strictement dioïques et disparaissent avant l'été. Mais pendant l'été de 1926 et 1927, j'ai récolté à une profondeur de 20 à 80^{m}, sur *Posidonia* et *Cystoseira stricta*, un *Cutleria* qui n'existe pas au printemps. De moindre taille que le *C. multifida*, il en diffère surtout par sa monoïcité comparable à celle du *Zanardinia*. Les gamétanges mâles et femelles, analogues à ceux des deux autres *Cutleria*, sont généralement réunis dans les mêmes sores; ils peuvent aussi être séparés dans des sores unisexués, épars ou plus ou moins nettement localisés en des plages irrégulières d'un même thalle. C'est peut-être ce *Cutleria* que Berthold signalait à Naples, et qu'il confondait avec le *C. multifida*. Il en est cependant distinct et je propose de l'appeler *C. monoica*.

Or, l'*A. chilosa* étant le seul *Aglaozonia* vivant à la même profondeur, et sa saison de fertilité convenant à l'apparition du *C. monoica*, ces deux plantes sont très vraisemblablement les deux tronçons sexué et asexué d'une même espèce.

D'ailleurs, de vieux thalles de *C. monoica*, récoltés en juillet, m'ont pré-

---

[1] G. Ollivier, Thalassoascus Tregoubovi (nov. gen., nov. sp.) *pyrénomycète marin, parasite des Cutlériacées* (*Comptes rendus*, 82, 1926, p. 1348).

senté des plantules « falkenbergiennes » tout à fait comparables à celle que Sauvageau ([1]) a étudiées sur le *C. adspersa* du golfe de Gascogne; elles comprennent pareillement une « colonnette » qui engendre à sa base une lame rampante d'*Aglaozonia*, et il n'est pas sans intérêt de constater que les trois espèces d'*Aglaozonia* débutent par la formation de cette colonnette que C. Sauvageau considère comme un organe atavique.

AGRONOMIE. — *Réaction à la dessiccation des différents types de sols dans les zones de tchernozem et de podzol de la Russie européenne.* Note de M. **A. Lebediantzef**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Toutes mes études précédentes relatives à l'accroissement de fertilité du sol produit par sa dessiccation ont été faites jusqu'en 1924 sur le sol de la Station agronomique Chatilovskaya (Russie, gouvernement de Toula) appartenant à la zone de tchernozem dégradé. Il était important de déterminer la manière dont les autres types de sols allaient réagir à la dessiccation. Pendant les années suivantes (de 1924 à 1927), une série de sols a été étudiée sous ce rapport dans mes expériences personnelles et dans les essais institués d'après mes indications; voici les résultats que ces études ont donnés :

RENDEMENTS MOYENS EN POIDS DES ÉCHANTILLONS DE SOLS SOUMIS A LA DESSICCATION POUR 100 DE RÉCOLTES FOURNIES PAR LES SOLS NON SÉCHÉS.

A. — *Différents types de sols de la zone du tchernozem.*

Sol arable.	Récolte totale.	Grain.
Tchernozem faiblement dégradé	184	169
Tchernozem fortement dégradé	174	159
Terre forestière gris foncé	159	141
Terre forestière grise	157	143

([1]) C. Sauvageau, *Les Cutlériacées et leur alternance de générations* (*Ann. des Sciences naturelles*, 8e série, 10, 1899, p. 265-362).

B. — *Différents types de sols de la zone du podzol* (¹).

Sol arable.	Récolte totale.
Terre argileuse faiblement podzolisée	117
Terre argileuse fortement podzolisée	124
Terre sablonneuse faiblement podzolisée	113
Terre sablonneuse fortement podzolisée	119
Jachère argileuse faiblement podzolisée	130
Jachère argileuse fortement podzolisée	143
Jachère sablonneuse faiblement podzolisée	126
Jachère sablonneuse fortement podzolisée	101

Une réaction positive à la dessiccation a été observée sur tous les types transitoires de sols à partir des tchernozems à peine atteints de dégradation jusqu'aux terres argileuses fortement podzolisées.

Parmi les terres de podzol, celles qui sont en jachère donnent une plus forte réaction à la dessiccation, exactement comme nous l'avons observé antérieurement sur les tchernozems.

Il s'ensuit donc que l'accroissement de fertilité sous l'effet de la dessiccation n'est pas une propriété exclusive des tchernozems dégradés; cette propriété appartient aussi aux représentants les plus variés de trois zones de sols, celle du tchernozem, celle des terres grises forestières et celles du podzol.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur une maladie infectieuse du chimpanzé, transmissible à l'homme.* Note de M. **R. Wilbert**, présentée par M. Roux.

En janvier 1927, l'Institut Pasteur de Kindia recevait six chimpanzés provenant de la Côte d'Ivoire. Ces animaux faisaient partie d'un lot de quinze sujets ayant séjourné dans la région de Grand Bassam. Neuf de ces chimpanzés moururent en cours de route.

(¹) Expériences faites par Mlle Olga Labediantzef.

Les six sujets survivants arrivèrent à la singerie de Pastoria avec un aspect triste et inquiet et un appétit capricieux.

Le 13 mars, une épizootie s'abattait sur les chimpanzés de l'établissement qui, outre les six sujets sus-indiqués, en comptait 17 autres provenant de la Guinée. A l'exclusion d'un seul qui guérit, tous les autres succombèrent du 17 mars au 16 juin.

La maladie évolua, au début, en 1-4 jours; à la fin, en 6-11 jours. Elle débute par de l'abattement, de la stupeur, de la prostration et de l'anorexie. La conjonctive oculaire est congestionnée et subictérique. La respiration est haletante et entrecoupée. On observe du ballonnement de l'abdomen, une hyperesthésie de la paroi abdominale, particulièrement accusée au niveau de la région épigastrique, des vomissements sanguinolents, de la constipation faisant suite à de la diarrhée. La fièvre monte à 40°,8-41° à l'acmé, pour retomber, aux approches de la mort, aux environs de 36°,2.

Au point de vue anatomo-pathologique, nous avons constaté, avec notre collaborateur M. Delorme, les modifications suivantes : subictère, suffusions sanguines, infarctus pulmonaires, péritonite, intestins congestionnés et gangrenés par place; légère hypersplénie, dégénérescence granulo-graisseuse du foie donnant à l'organe l'aspect d'un « foie gras »; présence de foyers hémorragiques au niveau de la muqueuse stomacale (foyers en pattes de mouches); reins altérés; centres nerveux injectés et mouchetés d'hémorragies; liquide céphalo-rachidien louche et hémorragique; polynucléose hématique; urine rouge verdâtre avec albumine.

Le sang, le foie, la rate, les reins et le système nerveux renferment un *spirochète*. Sur fond noir, ce microorganisme se déplace lentement et exécute des rotations; il se dispose en C et en S avec 2-5 spires; il mesure $6,7^{\mu} \times 0,2, 0^{\mu},3$.

Il se colore de façon analogue aux autres *spirochétidés*

Les cultures réussissent dans le milieu NNN et le milieu au sang de lapin. Les hémocultures conservent le parasite 12-25 jours.

Le virus est transmissible au chimpanzé et au cobaye, et aussi à l'homme, comme le montre mon cas personnel. Le 18 juin mon état est le suivant : température rectale, 40°,6; conjonctives congestionnées, subictère, urines rares, anorexie, vomissements, délire et cauchemars, asthénie, crise de cystite hémorragique. Mon sang renferme des spirochètes; l'inoculation de cette humeur au chimpanzé entraîne la mort avec les symptômes sus-indiqués. Assez fortement touché et demeuré seul à Kindia, mon collabora-

teur M. Delorme étant rentré en congé en France, je n'ai pu pousser cette étude comme il eût été désirable. Néanmoins, les faits m'ont paru mériter une mention purement objective, surtout au moment où, en Afrique Occidentale française, la question de la fièvre jaune s'impose à l'attention.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1927 (*suite et fin*).

Les cahiers du redressement français. Paris, Édition de la Société anonyme de publication et d'édition; 20 fasc. 18^{cm}. (Présentés par M. Guillet.)

— N° 1 : *L'éducation nationale*, par René Hubert et Eugène Geoffroy.

— N° 4 : *L'éducation nationale (nos études supérieures)*, par M. Lefas, J.-L. Faure, G. Bruhat.

— N° 5 : *Agriculture*, par M. Augé-Laribé, P. Garnier, M. Bitouzet.

— N° 6 : *Matières premières et forces naturelles*, par P. Parent, L. Marlio et P. Lémy.

— N° 7 : *La réorganisation industrielle*, par Auguste Detœuf.

— N° 9 : *L'artisanat*, par Jean Delage.

— N° 13 : *Les échanges commerciaux*, par P. Elbel, F. Delaisi, B. Lavergne, A. Bommelaer. P. Lyautey, A. Daudet.

— N° 14 : *La production et le travail*, par Ernest Mercier.

— N° 16 : *L'urbanisme*, par H. Prost et G. Monsarrat.

— N° 22 : *Les assurances sociales*, par Paul Frantzen.

— N° 23 : *L'immigration ouvrière en France*, par William Oualid.

— N° 24 : *L'organisation de la vie sociale*, par Raoul Dautry.

— N° 25 : *La réforme parlementaire.*

— N° 26 : *La réforme judiciaire.*

— N° 27 : *La réforme administrative.*

— N° 28 : *Les lois militaires.*

— N° 29 : *L'organisation financière*, par Ed. Giscard d'Estaing, E. Mireaux, M. Kellersohn, M. Labie, de Saint-Pulgent.

— N° 30 : *Une diplomatie moderne*, par J. Bardoux et J. Allary.

— N° 31 : *La production des colonies*, par Édouard Payen, Ladreit de Lacharrière, Germenot.

— N° 32 : *La mise en valeur de notre domaine colonial*, par M. Lejeune, A. Daudet, Charbonnel, Germenot, E. Payen.

Pascal et la tour Saint-Jacques, par Ernest Jovy. Paris, J. Vrin, 1926; 1 fasc. 24^{cm}.

Geological Survey of Nigeria. Geological Map of the Tinfields of Nigeria, compiled by J. D. Falconer. London, Stanford's Geological Establishment, 1927; 2 cartes 79×105^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 20 SEPTEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Les caractères chimico-minéralogiques des roches intrusives et volcaniques tertiaires de l'Afrique du Nord.* Note [1] de M. **A. Lacroix**.

Les formations tertiaires de la bordure de la Méditerranée, depuis la Tunisie jusqu'à la pointe de Melilla dans le Maroc espagnol, renferment des massifs de roches intrusives ou sont recouvertes par des épanchements de laves dont la mise en place s'étend depuis l'Éocène jusqu'au Quaternaire.

Grâce à l'obligeance de nombreux collègues, j'ai réuni sur cette région une importante documentation lithologique.

Après avoir étudié toutes ces roches, j'ai choisi une centaine d'échantillons représentatifs de chacun des types et M. Raoult les a analysés. Je résumerai ici quelques-unes des conclusions auxquelles conduit la discussion de la composition minéralogique et de la composition chimique de cet ensemble.

Le tableau ci-après permet de saisir d'un seul coup d'œil la complexité des types rencontrés; les paramètres magmatiques déduits, par le calcul, des analyses ont été écrits sous une forme simplifiée, en ne tenant compte que du type central et en négligeant les variations que présentent ces paramètres. On trouve en regard de chaque composition l'indication des formes intrusives et volcaniques observées. Les termes qui n'ont été rencontrés que dans un seul gisement et qui, par conséquent, sont exceptionnels, sont marqués d'un astérisque (*).

---

[1] Séance du 29 août 1927.

A. — *Roches riches en silice libre.*

Roches intrusives.		Roches volcaniques.
	I.3.1.2	Rhyolites
Granites et microgranites.........	{ I, II } .3.1–2.3.	»
Microgranites monzonitiques......	{ I { 3, 4 } .2.3 ; { I, II } .4.3.3 }	Rhyolites monzonitiques et dellénites
*Granodiorites et microgranodiorites.........................	{ I, II } 4.2.3(4).	Dacitoïdes oligoclasiques
*Microgranite akéritique.........	I.4.2.4	»
*Diorite micacée quartzique.......	{ I, II } 4.3.4	Dacitoïdes andésitiques
	{ I, II } 4.4.4	Dacitoïdes labradoriques

B. — *Roches pauvres en silice libre ou à silice saturée.*

*Monzonites.....................	{ II.5.2.3 ; { I, II } .5.3.3 }	
*Kentallénites...................	III.5.2–3.2-3	
*Akérites........................	II.5.2.4	
	II.5.3.4	Andésites andésitiques
»	II.5.4.4	Andésites labradoriques
»	III.5.3.4	Basaltes andésitiques
»	II.5-6.2.4	Téphrites analcimiques
	II–III.5.2–3.4	Basanites analcimiques

Une première remarque doit être faite; elle concerne l'énorme prédominance des roches à silice libre exprimée ou virtuelle. Même dans la série B, presque toutes les roches, à l'exception des deux derniers termes, renferment à l'état virtuel une petite quantité de silice libre; la plupart des basaltes appartiennent à des types α. Cette remarque n'est pas seulement qualitative; les roches de la série A dominent de beaucoup au point de vue du nombre et de la puissance des gisements.

La plus grande partie des laves appelées jusqu'ici andésites sont, en réalité, des *dacitoïdes*, c'est-à-dire des dacites dont la silice libre n'est pas exprimée minéralogiquement. Ce sont les roches qui prédominent parmi les laves, alors que les granites, granodiorites, et leurs formes microgranitiques, constituent la presque totalité des intrusions. Nombreuses aussi

sont les *dellénites*, forme à facies andésitique des rhyolites monzonitiques dont l'orthose n'est pas exprimée minéralogiquement.

On notera l'absence absolue de toute roche hyperalcaline, il n'existe même pas de granites franchement alcalins; les plus pauvres en chaux (*Filfila*) contiennent toujours une proportion notable d'anorthite entrant dans la constitution d'oligoclase. La seule roche dont le troisième paramètre soit nettement 1 est la rhyolite des îles Habibas (I.3'.1.2).

L'ensemble de la série, jusqu'aux basaltes exclus, est remarquable par l'intensité du zonage des plagioclases qui rappelle celui des feldspaths des laves des Antilles et des Andes; on l'observe aussi bien dans les roches épanchées que dans les intrusives, mais il est particulièrement compliqué dans ces dernières (île de la Galite).

Les microgranites, les rhyolites, les dellénites, et plus rarement les dacitoïdes renferment souvent de l'alumine non feldspathisable; ces roches contenant une proportion notable de fer et de magnésie, il en résulte la production de *cordiérite* et de *grenat almandin*, et comme, pour la même cause, il n'existe pas de chaux non feldspathisable, le pyroxène qui les accompagne est l'hypersthène. Ce dernier caractère est d'ailleurs encore plus généralisé; on rencontre en effet un pyroxène rhombique jusque dans les andésites labradoriques du tableau donné ci-contre, mais il est, d'ordinaire, associé à l'angite.

La biotite est fréquente, et parfois accompagnée de hornblende, dans toutes les roches, jusqu'aux dacitoïdes labradoriques exclues.

L'inspection du tableau fait voir aussi que presque tous les termes de la série, qu'ils soient intrusifs ou épanchés, sont leucocrates; les termes extrêmes, à facies basaltique, eux-mêmes, ne sont que par exception franchement mésocrates.

En résumé, la série lithologique de l'Afrique du Nord est nettement calco-alcaline. Les types où la potasse et la soude existent presque en égale proportion, ou avec un petit excès de l'un ou l'autre de ces alcalis, prédominent, et moins nombreux sont ceux dans quoi la potasse et, plus souvent, la soude, prennent une importance plus grande.

Il faut noter aussi que, dans l'Afrique du Nord, les termes extrêmes du côté de la basicité ne sont pas de véritables basaltes, mais des *basanites*, plus souvent analcimiques que néphéliniques. Cette terminaison par des types assez riches en soude d'une série calco-alcaline est comparable à celle que j'ai rencontrée sur la côte orientale de Madagascar, où des ankaratrites sont associées à des dacites.

Sans vouloir traiter de la distribution géographique de ces divers types, je ferai remarquer seulement que les roches les plus potassiques paraissent être abondantes surtout à l'Est (Tunisie, Constantine et une partie d'Alger) et à l'Ouest (îles Chaffarines et Melilla), tandis que les types les plus sodiques se rencontrent principalement dans l'ouest du département d'Alger et dans celui d'Oran, c'est-à-dire dans une situation intermédiaire; les roches basanitiques sont même localisées dans les vallées de la Tafna et de la Moulaya, des deux côtés de la frontière franco-marocaine, et par suite, justement là où jadis on avait cru voir des roches très potassiques (leucitiques).

La province pétrographique de l'Afrique du Nord se prolonge, par les îles Alboran, sur la côte orientale de l'Espagne. Les Alboran renferment des dacitoïdes labradoriques rappelant celles d'Algérie et des types plus basiques (alboranites de M. F. Becke) qui établissent le passage des sakalavites, formes mésocrates des dacites, aux basaltes labradoriques; elles constituent les roches les plus calciques de toute la série et n'ont pas d'équivalent sur le continent nord-africain.

Quant aux laves du cap de Gates et de la région de Carthagène, ce sont des dellénites et des dacitoïdes comparables à celles de Tunisie et d'Algérie; comme elles, elles renferment un excès d'alumine se traduisant par l'existence de cordiérite et de grenat, mais il est nécessaire de faire à cet égard une distinction. La présence de ces minéraux dans un magma fondu est, ainsi que je l'ai rappelé plus haut, la conséquence d'une propriété chimique, la présence d'un excès d'alumine, mais cet excès peut être d'origine diverse, primaire ou acquise. On sait que ce dernier cas est réalisé dans les roches du cap de Gates, où la cordiérite résulte de la dissolution et de la recristallisation de cordiérite contenue dans des enclaves de schistes cristallins renfermant aussi du grenat et de la sillimanite, enclaves en partie dissoutes par le magma. J'ai rencontré des enclaves du même genre à Mazarron, près Carthagène. Dans l'Afrique du Nord, l'on ne pourrait guère faire intervenir que la digestion de sédiments argileux, mais le phénomène paraît trop généralisé pour pouvoir être mis sur le compte d'une particularité accidentelle.

GÉODÉSIE. — *La troisième Assemblée générale de l'*Union Géodésique et Géophysique internationale. Note de M. **G. Bigourdan**, délégué.

Cette troisième Assemblée ([1]) vient de tenir ses séances à Prague, du 3 au 10 septembre 1927; et en présentant à l'Académie un court compte rendu des séances, je désire aussi et de nouveau témoigner au plus tôt ma très vive reconnaissance pour l'accueil extrêmement cordial et généreux reçu de tous à cette occasion, notamment de trois savants éminents de Prague, M. le professeur D^r Fr. Nušl, directeur de l'Observatoire national, — M. l'Ingénieur Dr J. Pantoflíček, professeur à l'École polytechnique tchèque et M. le professeur Dr B. Šalamon, secrétaire du Comité tchécoslovaque d'organisation du Congrès.

Les séances ont eu lieu dans le palais du Parlement ([2]), et tout était supérieurement organisé.

On sait que cette très importante *Union* comprend 7 *Sections* (Géodésie, — Météorologie, — Sismologie, — Magnétisme et Électricité terrestres, — Océanographie, — Volcanologie, — Hydrologie scientifique), ayant chacune

---

([1]) Elle était composée de 198 délégués (liste officielle), représentant 27 États, Dominions ou Protectorats. Les délégués français étaient au nombre de 29.

Dès son arrivée, chaque délégué a reçu un *insigne* portant son *nom;* et il devait le porter ostensiblement pour lui permettre à la fois de jouir des franchises de transport, etc., qui avaient si généreusement été accordées, et, en plus, pour se faire reconnaître de ses collègues. Mais cela était insuffisant pour ce dernier but, et nombreux sont les délégués qui ne sont parvenus que vers la fin de la session à identifier même leurs collègues appartenant à la même *section*. Il ne paraît pas douteux qu'à l'avenir il soit nécessaire de faire plus : peut-être un petit album édité *avant* le Congrès et qui donnerait le portrait et le nom de chacun, remplirait ce but.

([2]) Ce local comprend deux grands bâtiments ayant chacun 60^m sur 40^m environ, séparés par une rue, mais reliés au-dessus par un large passage. Le premier de ces bâtiments, qui renferme l'entrée monumentale, est un élégant palais qui avant la guerre mondiale renfermait un musée (Rodolphinum). En entrant on trouvait un *Bureau de renseignements;* un *Bureau de Correspondance;* un Bureau de *Poste;* une *Salle de lecture* très amplement fournie de journaux écrits dans les principales langues; un *Bureau* spécial pour les dames des délégués, etc. En outre, les parties centrale et postérieure de ce premier bâtiment sont occupées par une vaste salle servant aux séances générales de l'Union et par un restaurant qui était à la disposition des congressistes.

Plus loin, dans le second bâtiment, étaient, au premier étage et au second, les nombreuses salles affectées aux diverses sections de l'Union et à leurs Commissions. Un ascenseur continu permettait d'aller rapidement d'un étage à un autre.

nombre de Sous-Sections ou Commissions : c'est dire que le délégué le plus zélé a pu suivre sérieusement, au plus, les travaux d'une seule section. J'ai choisi celle de Géodésie, et plus particulièrement sa Commission des longitudes par T. S. F., dont je pourrais indiquer les travaux, si son « Rapport » résumé, lui-même, n'excédait la place dont je puis disposer ici; mais on le trouvera dans le prochain numéro du *Bulletin horaire :* on y verra que les travaux de la réunion de Prague ont notablement augmenté la précision obtenue pour la *conservation* de l'heure dans les déterminations de longitudes, grâce aux dispositions prises pour faire la comparaison, par T. S. F., de toutes les bonnes pendules existantes, comme si elles se trouvaient réunies en un même point, dans un même observatoire.

Le Congrès, je l'ai dit, a demandé 10 jours de travail [1], largement et généreusement entrecoupés de banquets, réceptions, auditions, représentations et excursions offerts par le vénéré Président de la République, M. le président Masaryk, par des ministres, par le maire de Prague, par des associations privées, etc. Pour les excursions, la plus longue doit avoir duré 7 à 8 jours, et les premières au moins, ont été favorisées par le beau temps. Il ne serait pas sans intérêt de conserver le récit détaillé de toute cette partie non scientifique du programme; dans les excursions notamment, on a pu apercevoir un pays admirablement cultivé, partout où la nature n'oppose pas à la culture un obstacle invincible : Sur ce point on pourrait donner beaucoup de détails.

Parmi ces excursions, une mention spéciale est due à celles de Prague, aux visites confortables où l'on put admirer rapidement de nombreux chefs-d'œuvre de tout genre et acquérir une vision plus claire de quelques grands événements dont la ville a été le théâtre, comme la célèbre *Défénestration* (23 mai 1618), origine précise de la guerre de Trente Ans [2].

---

[1] Je ne parle ici ni des séances générales de l'Union ni des réceptions officielles : notre confrère, M. Ch. Lallemand, est pour cela bien mieux documenté que moi; mais comme il passerait au moins sur le succès complet avec lequel il a présidé les séances de l'Union, je tiens à le mentionner ici : ce succès a été si bien reconnu de tous que finalement il s'est vu confier unanimement la présidence pour une nouvelle période de 3 ans.

[2] En passant, je tiens à dire combien est suspecte la légende maligne qui présente Descartes comme ayant porté les armes contre Prague, à la célèbre bataille de la *Montagne blanche* (8 nov. 1620), où la Bohème perdit sa liberté avec le meilleur de son sang, versé si généreusement. Il suffit de se reporter à *Baillet*, l'auteur si consciencieux et très documenté de la VIE DE MONSIEUR DES-CARTES, Paris, 1691, première partie; à la page XXXVIIJ il écrit : Descartes *se trouve à la bataille de Prague, dont*

Nous avons pu visiter aussi des établissements scientifiques, comme le Service géographique de l'Armée, et constater que le niveau de ces établissements atteint au moins, s'il ne le dépasse, celui de ceux des autres pays les plus avancés.

L'histoire de cet inoubliable Congrès formerait donc un beau livre; elle se trouvera d'ailleurs écrite en détail dans les procès-verbaux et les rapports des Sections et des Commissions. Pour moi, je voudrais y ajouter un chapitre, non prévu au programme, en rappelant les multiples souvenirs astronomiques de Prague; je me borne à les énumérer rapidement, sauf à les développer ailleurs, quand j'aurai reçu le complément d'information que l'on a bien voulu me promettre :

1° Un beau manuscrit du *De Revolutionibus* de Copernic [1].

2° Les nombreux souvenirs du grand astronome danois Tycho Brahé (1546-1601), qui, ne trouvant plus auprès de la Cour de Copenhague les secours indispensables pour continuer ses observations, répondit à l'appel de l'empereur Rodolphe II de Habsbourg (1552-1611), roi de Bohême, et vint s'établir à Prague en 1699. Là, eut lieu sa mémorable rencontre avecKépler (1571-1630) et l'on ne revoit pas sans émotion la petite maison qu'il habita, — le pavillon élégant de *Bellevue*, où ses célèbres instruments furent quelques temps installés, — enfin son tombeau, dans l'église Notre-Dame de Týn, sur la place de l'Hôtel de Ville.

3° La maison que l'on croit avoir été habitée par Képler; du moins c'est à Prague qu'il publia divers ouvrages de 1602 à 1610 et notamment son *Astronomia nova* (ou *De stellâ Martis*), 1609, où se trouvent ses deux

---

il paraît n'avoir été que le spectateur. Cependant j'ai vu cette légende admise à Prague, même par nos meilleurs amis. Ils veulent bien excuser le grand philosophe en considérant qu'alors les nationalités n'étaient guère accusées. Mais il vaudrait mieux encore détruire complètement cette légende, et cela paraît facile, à moins que des documents nouveaux, bien authentiques et bien explicites, ne la confirment.

Grâce à M. V. Nechville, qui a bien voulu m'accompagner, j'ai pu visiter le champ de bataille, où existe encore un fortin en étoile qui, dit-on, joue un certain rôle.

Un autre jour, sous l'obligeante direction de M. R. Buchard, j'ai pu visiter les mêmes environs de Prague, rive gauche, admirer le magnifique panorama de la ville dont on jouit du mont Saint-Laurent, voir le célèbre mur de la *faim* et visiter le coquet observatoire privé de M. le Dr Heinrich, professeur d'Astronomie à l'Université. Dans ces excursions il est facile de constater que ces environs de Prague présentent plusieurs bons emplacements pour un grand observatoire.

[1] Manuscrit n° 1 d'un Catalogue du Dr J. V. Šimák (*Die Handschriften der Graf Nostetzs'chen Majorats Biblioteck in Prag*, in 8°, 1910.

premières lois. Quant à la troisième, définitivement exposée en 1619, elle se trouve dans ses *Harmonices mundi*, imprimés à Linz en 1619, et qui se terminent par une émouvante prière.

4° De nombreuses éditions originales des ouvrages de Tycho, de Képler, etc., réunies dans la plus belle, mais non la plus riche, bibliothèque de Prague, celle du couvent de Prémontrés de Strahov; ces éditions y voisinent avec de très anciennes cartes géographiques, avec un manuscrit donnant des figures des constellations antérieures à Bayer; il y aussi d'autres très anciens manuscrits religieux venant de France, etc. Malheureusement le Catalogue n'est pas imprimé.

5° Les petites maisons habitées au XVIIe siècle par les astrologues et les alchimistes de Rodolphe II, ainsi que les auberges fréquentées par les mêmes, situées dans de véritables jardins suspendus, d'où la vue de Prague est admirable.

6° Le vaste *Klementinum*, élevé par les Jésuites de 1653 à 1726, et qui fut longtemps leur collège : aujourd'hui il renferme quatre églises ou chapelles, la riche bibliothèque commune à l'Université tchèque et à l'Université allemande, au moins trois observatoires et notamment celui de la florissante Société populaire tchèque d'Astronomie, enfin une multitude d'instruments que je ne puis même indiquer; je veux citer cependant un sextant de 1^{m} environ de rayon, le seul qui reste de tous les instruments de Tycho, et deux grands quarts de cercle du XVIIIe siècle, montés comme devait l'être celui de Picard, premier du genre, et dont rien n'a été conservé. Dans ce Klementinum le gouvernement de la jeune république fait aujourd'hui de grands travaux d'aménagement pour les bibliothèques ([1]).

Dans une course à travers Prague on rencontre à chaque pas des monuments qui rappellent les liens rattachant l'une à l'autre, depuis bien longtemps, la Bohême et la France : en 1346, le roi de Bohême Jean de Luxembourg vient se faire tuer à Crécy au milieu de nos soldats ; — son fils Charles IV (1316-1378) élevé à Paris, fit édifier de nombreux monuments qui sont encore parmi les plus beaux ornements de Prague, notamment le si remarquable pont Charles (Most-Karlüv); en même temps il

([1]) J'ai entendu surtout reprocher à l'ancien gouvernement autrichien d'avant 1914 d'avoir laissé dépérir les monuments. Aujourd'hui on a entrepris de tous côtés leur restauration complète au prix de plusieurs centaines de millions. Cette restauration se fait en conservant pieusement tous les vestiges nationaux, comme on a pu le voir, par exemple, au sud de la cathédrale de Saint-Guy et dans la salle voisine et grandiose dite de Vladislas.

confie à Mathieu d'Arras la construction du *Château*, celle de la grande cathédrale voisine, dite de *Saint-Guy*, qui s'achève actuellement après avoir attendu près de 600 ans; il fonde l'*Université* (1348), la première de l'Europe centrale, etc.

Pour les autres témoignages de cet attachement mutuel, je tiens à rappeler qu'en 1870 les députés tchèques de la diète de Prague firent une manifestation solennelle en faveur de la France, et qu'en même temps la Société royale des Sciences de Prague protesta contre le bombardement de Paris. On sait aussi combien furent nombreux les Tchécoslovaques qui, dans la grande guerre, vinrent combattre avec nous, après avoir, au milieu des plus grands dangers, abandonné les rangs de nos ennemis, où ils étaient légalement enchaînés. Enfin ce peuple si bien doué a voulu emporter chez lui de la terre de Verdun, pétrie de sang français, pour la placer au plus près de son cœur, je veux dire à côté des restes mortels de son vénéré *soldat inconnu* qui repose dans l'Hôtel de Ville de Prague ([1]).

Plusieurs fois en bien peu de jours j'ai pu constater que lorsqu'un Tchèque et un Français de n'importe quel rang se trouvent en présence, ils sentent d'instinct que la sécurité de l'un est solidaire de celle de l'autre. Aussi doit-on répandre chez l'un la langue de l'autre; c'est ce que fait avec succès à Prague l'Institut E. Denis que j'ai pu visiter, et qui, en liaison avec l'*Alliance française*, a déjà atteint toutes les parties de la Tchécoslovaquie pour y répandre la connaissance de notre langue.

A chaque instant, dans ce pays classique des célèbres Sokols et de la culture physique, on peut faire, sur la race, sa belle prestance, sa politesse, ... des remarques qui sont à son avantage mais qu'il serait bien trop long de mentionner ici.

J'ai évité de citer des noms, parce qu'ils sont trop nombreux; mais en terminant je dois mentionner, pour les remercier, celui du ministre de France à Prague M. Fr. Charles-Roux, et celui de M. le général Faucher, chef de notre mission militaire, qui ont réuni la délégation française, pour la mettre en relation avec d'éminentes personnalités de la ville.

([1]) Le 9 septembre, la délégation française tout entière, le président Lallemand en tête, est allée déposer une couronne à cette terre de Verdun, et M. le maire de Prague, M. Pantoflíček, bien d'autres Tchèques encore dont je regrette d'ignorer les noms, avaient tenu à se joindre à elle.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne, pour la représenter aux cérémonies de commémoration du *Centième anniversaire de la naissance de* **Marcelin Berthelot**, qui auront lieu les 22, 24, 25 et 26 octobre 1927 à Paris : MM. les Membres de son Bureau et MM. les Doyens des Sections de Physique et de Chimie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H. S. Pepoon. *An annoted Flora of the Chicago Region.*

2° Comte Bégouen. *Quelques Réflexions sur Glozel.*

3° *Flore permienne des limites ouraliennes de l'Angaride.* Atlas de 46 planches phototypiques par M. D. Zalessky. (Présenté par M. Ch. Barrois.)

MÉCANIQUE. — *Sur le degré d'exactitude d'une formule usuelle de la Résistance des Matériaux.* Note [1] de M. **T.-J. de Seze**, transmise par M. Blondel.

Lorsqu'un effort tranchant T s'exerce dans une section d'une poutre prismatique, pour trouver la fatigue due à cet effort tranchant, on suppose en Résistance des Matériaux que :

1° L'effort tangentiel dû à l'effort tranchant T est parallèle à T en tout point de la section;

2° Cet effort tangentiel est constant le long de toute droite parallèle à Δ, Δ étant le diamètre conjugué de la direction de T dans l'ellipse centrale d'inertie E de la section.

On obtient ainsi, pour la fatigue en un point quelconque M de la section, l'expression

$$t = \frac{\mathrm{T}m}{\mathrm{I}u}, \tag{1}$$

où l'on appelle :

---

[1] Séance du 12 septembre 1927.

u, la longueur de la corde Δ passant par M et parallèle à Δ;
m, le moment statique, pris par rapport à Δ, de la portion de la section délimitée par la corde Δ' et située par rapport à Δ' du côté d'où vient T;
I, le montant d'inertie de la section par rapport à Δ.

Étant donné que les hypothèses faites sont certainement fausses, peut-on appliquer la formule (1) avec sécurité dans tous les cas?

Pour le voir, nous avons calculé, par la théorie de l'élasticité, l'effort tangentiel dû à l'effort tranchant dans le cas d'une poutre cylindrique droite dont une extrémité est encastrée, dont l'autre extrémité est libre et soumise à l'action d'un effort tranchant T et dont la surface latérale n'est soumise à aucune force. C'est là un cas particulier du problème de Saint-Venant, pour lequel M. Pigeaud, dans le Chapitre XXII de son *Cours de Résistance des Matériaux et d'Élasticité,* donne l'expression des tensions intérieures en un point M de coordonnées x et y.

Dans le cas où la section de la poutre est une ellipse dont les axes Ox et Oy ont pour longueur $2a$ et $2b$, l'effort tranchant T s'exerçant suivant l'axe Ox, ces tensions ont une expression assez simple en x et y.

On trouve d'abord que l'effort tangentiel véritable qui s'exerce au centre O de la section est plus grand que l'effort calculé par la Résistance des Matériaux (on devait s'y attendre puisque ce dernier effort est la moyenne des valeurs prises par l'effort véritable le long de Oy lorsque y varie de $-b$ à $+b$); mais la différence est toujours faible, même lorsque le rapport $\rho = \frac{a}{b}$ est très petit, et le rapport de l'effort véritable à l'effort calculé est au plus égal à 1,20.

Lorsque ρ est inférieur à 0,396, en quatre points du contour de la section, symétriques par rapport au centre O, l'effort véritable admet des maxima égaux qui sont supérieurs à l'effort maximum au centre calculé par la Résistance des Matériaux. Le tableau suivant donne les valeurs du rapport de ces deux efforts maxima.

Valeurs de $\rho = \frac{a}{b}$:	0	0,001	0,01	0,05	0,1	0,2	0,3	0,396
$\frac{\text{Max. effort véritable}}{\text{Max. effort calculé}} = \frac{3(5\rho^2+1)}{10\rho(3\rho^2+1)\sqrt{1-\rho^2}}$:	∞	300,00	30,01	6,05	3,07	1,60	1,20	1

L'angle ω fait avec T par cet effort maximum réel n'est pas nul, mais égal à 64°,32′ quand ρ est égal à 0,396 et il tend vers 90° quand ρ tend vers zéro. On a, en effet,

$$\tan\omega = \frac{\sqrt{1-2\rho^2}}{\rho}.$$

En outre, lorsque ρ est inférieur à 0,262, en quatre points situés à l'intérieur de la section et symétriques par rapport au centre O, l'effort réel admet encore des maxima égaux légèrement supérieurs à l'effort maximum calculé par la Résistance des Matériaux, leur rapport restant toujours inférieur à 1,20.

Dans le cas d'une section rectangulaire dont les côtés ont pour longueur $2a$ et $2b$, l'effort T s'exerçant parallèlement aux côtés de longueur $2a$, il s'introduit, dans les expressions des tensions intérieures, des séries lentement convergentes dont les termes sont fonction de x et y. Le calcul complet des maxima serait très long; nous avons pu néanmoins nous assurer que, lorsque le rapport $\rho = \frac{a}{b}$ est très petit, il y a dans la section des points pour lesquels l'effort réel est beaucoup plus grand que l'effort maximum au centre, indiqué par la Résistance des Matériaux.

Ce résultat est sans doute général; la formule (1) donne des résultats trop faibles lorsque la hauteur de la section mesurée parallèlement à T est petite par rapport à sa largeur, et l'erreur est d'autant plus grande que le rapport de la hauteur à la largeur est plus petit.

Les poutres sont généralement posées de champ par rapport aux charges normales; la formule (1) convient alors. Mais, s'il y a des charges accidentelles perpendiculaires aux charges normales, elles donneront un effort tranchant parallèle à la plus petite dimension de la section : c'est le cas de l'effort tranchant dû au vent qui frappe de côté une poutre métallique disposée pour résister à des charges verticales; la formule (1) doit alors être appliquée avec de grandes précautions et il faudra parfois majorer notablement les résultats qu'elle donne.

Il faut également se garder d'appliquer cette formule simple au calcul de la fatigue due à l'effort tranchant dans les plaques planes, même épaisses, dès que la largeur ou la longueur de ces plaques est grande par rapport à leur épaisseur; on doit alors appliquer les formules rigoureuses.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Radiation visible provenant de fibres nerveuses excitées.* Note [1] de Mme **Christine Ladd-Franklin**, présentée par M. d'Arsonval.

Parmi les nombreux et intéressants phénomènes entoptiques découverts par Purkinje, celui que j'ai appelé *Reddish-Blue Arcs and Reddish-Blue*

(1) Séance du 12 septembre 1927.

Glow de la rétine, consiste en ceci : dans une chambre noire parfaite, on regarde une bande de lumière rouge. (Toute lumière spectrale peut donner le phénomène, et la lumière blanche également, mais il s'observe plus facilement avec la lumière rouge.) Or ce que l'on va voir ne sera pas seulement la bande rouge, mais aussi, se déployant à partir d'elle, deux arcs épais faiblement colorés en bleu rougeâtre, d'autant plus épais qu'on se tient plus loin. L'origine de ces arcs se trouve auprès du point de la bande rouge fixé par le regard et ils s'étendent ensemble jusqu'à une distance angulaire égale à celle qui sépare la fovea du point de sortie du nerf optique. De fait, la grandeur angulaire et la forme de ces arcs prouvent avec certitude que l'on voit les fibres du nerf optique à la surface de la rétine, et la lueur bleue correspond aux cellules bipolaires punctiformes (en tant qu'elles sont vues en section transversale), situées auprès de l'image de la bande rouge. Depuis les beaux travaux de Vogt en lumière privée de rouge, ces fibres optiques peuvent être vues dans tous les yeux à l'aide d'un ophtalmoscope, tandis que, jusque-là, elles n'étaient vues que par les anatomistes.

Mais comment ces fibres sont-elles rendues visibles ? L'explication donnée jusqu'ici (par Gertz et d'autres) admet que les fibres du nerf optique qui transportent l'excitation provenant de la lumière rouge provoquent une excitation secondaire dans les fibres adjacentes, ce qui rend celles-ci visibles. Mais il est clair qu'une excitation nerveuse comme celle-ci n'atteindra pas le cortex avec les coefficients de lieu qu'elle implique. Quand une jambe a été amputée au genou, le pincement des fibres nerveuses sectionnées ne donnera pas une sensation localisée au point où l'excitation s'est effectuée, mais localisée aux pieds.

Qu'est-ce que voir ? Si l'on fixe un point, et qu'en même temps on perçoive un cercle bleu à droite et en dessous, un triangle jaune à gauche et au-dessus, on ne voit pas simplement du bleu et du jaune, mais aussi ce que j'ai trouvé nécessaire d'appeler les coefficients de lieu (place-coefficients), c'est-à-dire la forme de ces qualités de sensation. Dès lors, des fibres adjacentes, même si l'on admet qu'elles sont stimulées, ne peuvent permettre de voir les fibres nerveuses en question, qui doivent avoir les coefficients de lieu des points rétiniens d'où elles proviennent : ce n'est qu'avec les bâtonnets et les cônes que la vision des objets peut être assurée, et ces éléments récepteurs ne sont stimulés que par la lumière physique, non par un courant électrique [1]. La conclusion est dès lors absolument certaine que les fibres stimulées par la bande lumineuse rouge sont rendues brillantes par

(1) P. Lasareff, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1100.

leur propre lumière, et que nous sommes en présence d'un cas de radiation visible provenant de fibres nerveuses excitées. En accord avec cette interprétation, on peut rappeler que Nodon a montré (¹) que toute plante ou tout animal vivant, à condition d'avoir une suffisante vitalité, émet une émanation qui le rend capable d'impressionner la plaque photographique. Il est d'ailleurs possible que le nerf, même au repos, émette une faible quantité de lumière, étant donné que Parker a montré que l'acide carbonique dégagé par les fibres nerveuses stimulées (phénomène découvert par Shiro Tashiro), est seulement de 19 pour 100 supérieur à celui que dégagent les fibres non stimulées. Mais il y a une preuve plus décisive :

Les arcs bleus laissent leur propre image consécutive, correcte comme couleur et intensité lumineuse. Or c'est encore Lasareff (*loc. cit.*) qui a démontré qu'il n'y avait d'image consécutive que lorsque les cônes et bâtonnets avaient été stimulés.

Puisque le processus de conduction nerveuse apparaît, en l'état actuel de nos connaissances, comme très semblable dans tous les nerfs, il est bien probable que, s'il est dégagé de la lumière par le nerf optique, il en est dégagé aussi par tous les autres nerfs.

Mais, si tous les nerfs en activité émettent de la lumière physique (ou quelque radiation de plus grande fréquence qui devient immédiatement de la lumière physique par fluorescence), pourquoi ce fait n'a-t-il pas encore été découvert ? Il y a à cela deux raisons, dont la première est que la plupart des recherches portent sur des nerfs à myéline tandis que les fibres rétiniennes sont amyéliniques, et permettent la traversée de la lumière, et la seconde qu'on n'étudie généralement pas les nerfs dans une chambre parfaitement obscure, ce qui est nécessaire pour voir cette lumière entoptique bleu rougeâtre.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence d'uraninite cristallisée dans les gîtes uranifères de Kasolo (Katanga).* Note (²) de M. **René van Aubel.**

M. W. Vernadsky (³) a décrit des pseudomorphoses de curite (⁴), provenant de Kasolo. Il a montré que la pechblende massive du Katanga est d'origine secondaire.

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 486.

(²) Séance du 12 septembre 1927.

(³) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1726.

(⁴) A. L. Hacquaert a présenté à la Société géologique de Belgique (séance du 18 février 1927) une Note intitulée *De quelques pseudomorphoses de miné-*

J'ai recueilli, à Kasolo, deux échantillons (¹) dont les caractères révèlent la nature du minéral primaire de ce gite, et mettent en évidence son mode de formation.

Dans l'un des échantillons — une roche calcaro-dolomitique bréchoïde — sont répartis de bons cristaux d'uraninite, et une profusion d'inclusions granuleuses du même minéral. Au microscope, ces inclusions granuleuses accusent fréquemment des contours automorphes. L'uraninite paraît plus noire que la pechblende massive ; l'éclat, submétallique, est moins gras que celui du minerai commun ; la cassure est irrégulière ou conchoïdale.

A ma connaissance, la présence de cristaux d'uraninite n'a pas été signalée encore dans les gîtes uranifères du Katanga.

Dans les nombreux échantillons de brèche que j'ai examinés, j'ai reconnu les formes suivantes : cubes parfaits ou pyramidés, cubes aux arêtes tronquées par les faces de l'octaèdre ou du rhombododécaèdre. Les cristaux d'uraninite de Kasolo — comme d'ailleurs aussi ceux de la fluorine — ne correspondent pas à un type cristallin idéal, mais à un type de transition, où se trouvent associés les caractères propres aux trois sous-groupes du système cubique. Ici, le cube domine; moins fréquents, l'octaèdre et le rhombododécaèdre correspondent à des cas particuliers (²). L'arête de ces cubes d'uraninite peut atteindre 4^{mm}, c'est-à-dire les dimensions mêmes des pseudomorphoses de curite, décrites par M. Vernadsky.

Enfin, dans les agrégats de cristaux cubiques, on retrouve les assemblages subparallèles de la curite pseudomorphique. J'ai noté aussi une macle par pénétration (macle de la fluorine) (³).

Fait digne d'attention : aucune trace d'altération — jaune, verte ou orange — n'est décelable dans les fragments de brèche que j'ai examinés. Au microscope ($\times 80$), on constate que la roche est formée de dolomite, où s'intercalent des agrégats fibreux de prehnite. De minces veinules, formées de muscovite ou de phlogopite, sillonnent la roche.

Le second échantillon comporte des cubes d'uraninite, noyés dans la masse, verte ou orange, des produits d'altération de la pechblende. Moins

---

raux uranifères de Kasolo. Les publications relatives au Congo faisant l'objet d'une livraison spéciale, éditée en fin d'année, j'ignore la teneur de la Note de M. Hacquaert.

(¹) Les échantillons décrits ont été déposés au Muséum national d'Histoire naturelle.

(²) P. Niggli, *Zeits. f. Kristallog.*, 63, 1926, p. 98.

(³) *Loc. cit.*

attaquable que la pechblende massive, l'uraninite n'a pas été entamée ou l'est très superficiellement.

Les faits exposés m'incitent à considérer l'uraninite cubique comme le minéral hypogène de Kasolo.

Postérieurement à la cristallisation de l'uraninite, des venues siliceuses ascendantes, analogues et peut-être contemporaines de celles qui affectent les gîtes cuprifères voisins, ont remanié le gisement. L'uraninite, en grande partie redissoute, a donné naissance au minéral habituel, la pechblende compacte. Celle-ci a pu, éventuellement, se déposer à l'état amorphe et cristalliser ensuite lentement, à la manière de tant de substances colloïdales.

Indépendamment des actions superficielles, auxquelles le gisement n'a pu échapper, les cémentations ascendantes paraissent donc avoir joué un rôle important à Kasolo; la teneur en silice (1,20 pour 100), décelée dans la pechblende du Katanga [1], lui doit sans doute son origine. De là aussi, je pense, les divergences, portant sur les éléments accessoires, que l'on constate entre les analyses de divers auteurs.

Fait intéressant. Ce gîte, encaissé dans des roches calcaro-dolomitiques, n'a fourni ni rutherfordite [CO^3UO^2], ni uranothallite [$(CO^3)^4.Ur.Ca.10H^2O$].

Par contre, des calcaro-silicates uranifères se rencontrent aux épontes (uranotyle) ou au cœur même des filons (gummite); ils persistent sur toute la hauteur de l'exploitation (environ 60^m); un silicate magnésien, la sklodovskite dont la formule est voisine de celle de l'uranotyle, les accompagne [2]. Je n'entends certes pas dire que la formation des dits silicates calciques résulte d'une action métamorphique de contact (à la manière de la wollastonite, par exemple), mais je signale un fait qui, joint à la présence d'une gangue quartzeuse parcimonieusement distribuée, me paraît suggestif.

La séance est levée à 15^h40^m.

A. Lx.

---

(1) A. Schoep, *Sur la formule chimique de l'uraninite* (*Bull. Soc. chim. Belgique*, **32**, 1923, p. 276).

(2) C. W. Davis (*Amer. Journ. Science*, 5e série, **11**, 1926, p. 201-217) a trouvé dans la pechblende du Katanga : $CaO = 0,69$ pour 100; $MgO = 0,01$ pour 100.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 SEPTEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Gautier**, **George Burgess**, **Stratton**, **Tanakadaté**, **MacMachon**, membres du Comité international des Poids et Mesures, qui assistent à la séance.

LITHOLOGIE. — *Sur l'existence de syénites néphéliniques dans la région de Rutshuru (Graben central africain).* Note (¹) de MM. **A. Lacroix** et **F. Delhaye**.

Au cours d'une longue mission en Afrique centrale, l'un de nous a découvert un massif de syénites néphéliniques, le premier rencontré dans cette vaste région. A ce point de vue, tout autant qu'à celui de leur composition même, les roches recueillies méritent d'être décrites.

A la hauteur du poste de Rutshuru (1°40′59″ lat. Sud; 29°26′52″ long. Est), le graben, très étroit, n'a plus guère qu'une vingtaine de kilomètres de largeur; sa direction est sensiblement Nord-Sud. La rivière Rutshuru, ou Kako, émissaire du lac Mutenda, coule vers l'Ouest et pénètre dans le graben à environ 5^{km} au sud du poste; elle traverse le fossé tectonique très obliquement en suivant la lisière septentrionale d'une immense plaine chaotique couverte par les épanchements des volcans actifs des Virunga. Le lit encore instable de cette rivière sans vallée, tantôt marécageux, tantôt hérissé de rapides est le reflet des vicissitudes éprouvées par ce cours d'eau

(¹) Séance du 29 août 1927.

du fait des nombreux volcans couvrant en partie la plaine, et dont les coulées entravent l'œuvre d'érosion. Elle vient ainsi butter contre le horst occidental pour couler ensuite au pied du versant jusqu'à la source thermale de Bitagata, où brusquement le graben s'épanouit dans de vastes proportions, tant à l'Est qu'à l'Ouest.

Le horst occidental est constitué par des phyllites noires métamorphiques et des quartzites fortement plissés. Ces roches impriment au versant une raideur toute spéciale qui s'adoucit sur environ trois kilomètres près de l'endroit où la Rutshuru vient toucher le pied de la montagne. C'est un peu au sud que se trouve un massif intrusif de syénites néphéliniques. Il faut signaler aussi une lujavrite ne constituant d'ailleurs qu'un petit mamelon isolé dans la partie nord des affleurements des roches cristallines, M. Dropsy est passé plus récemment dans cette région et y a recueilli plusieurs échantillons intéressants.

Les sédiments métamorphiques traversés par les syénites sont d'âge fort ancien; ils reposent directement sur les schistes cristallins. Toutes ces formations sont fortement plissées et traversées par des granites; on ne peut les rapporter qu'à une période primaire. Les syénites n'étant en relation avec aucune autre formation, il est impossible de fixer, même approximativement leur âge. Cependant comme certaines d'entre elles ont été déformées mécaniquement, il faut en conclure qu'elles ont été soumises à des mouvements orogéniques. Or, en Afrique centrale, les derniers plissements sont antérieurs au dépôt des couches de Lubilash dont la faune est celle du Trias supérieur, sinon du Rhétien. La mise en place des syénites néphéliniques serait donc plus ancienne que celle des roches similaires du pourtour africain de l'Océan Indien, du Mont Jombo (sud-ouest de Mombasa), regardées par M. Gregory [1] comme d'âge crétacique et peut-être contemporaines de celles du nord-ouest de Madagascar.

Les syénites qui nous occupent sont, pour la plupart, hololeucocrates, ou presqu'entièrement formées par des minéraux blancs, avec seulement par places quelques lamelles de biotite et des grains de magnétite. Le feldspath prédominant est le microcline ne possédant habituellement que la macle de l'albite; il peut être associé en microperthite avec l'albite et être épigénisé en partie par ce feldspath qui existe aussi en cristaux indépendants. La néphéline est très fraîche, généralement associée à la soda-

[1] J. W. Gregory, *The Rift Valleys and Geology of East Africa*, 1921, p. 312.

lite ou remplacée par elle. Cette dernière est d'un bleu foncé ou incolore. Ces deux minéraux sont accompagnés, ou peuvent être remplacés, par la losite, généralement granulitique. Enfin il faut citer d'une façon presque constante des grains de calcite primaire. La structure est grenue, avec tendance à l'aplatissement des feldspaths, sans cependant que la structure foyaïtique soit atteinte.

Plusieurs types sont à distinguer. Dans l'un (analyse 1), ayant l'apparence de la syénite de Ditro, la sodalite est d'un bleu foncé, elle englobe la losite, soit à l'état de grains, soit en arabesques constituant la structure *dactylotype*. Il n'existe pas de minéraux colorés. Une forme pegmatique, à grands éléments, présente des phénomènes d'écrasement très nets.

Une variété dont la sodalite est incolore, provient du nord du sentier de Rutshuru à Massissi (analyse 2); elle ne contient pas de néphéline; des associations granulitiques de losite remplissent les intervalles des feldspaths aplatis; il existe un peu de sphène, de fluorine et de grenat mélanite en grains irréguliers. Dans une roche de même aspect extérieur, il n'existe que la losite en fait de feldspathoïde (analyse 3). Au milieu de cette syénite, se voient des portions constituées par de petits grains d'albite non maclés ou à larges macles, très riches en une poussière d'inclusions liquides à bulle ou formées par de la sodalite. Ces grains accompagnés localement de fluorine, sont moulés par des lames de biotite verdâtre et par de la magnétite; peut-être s'agit-il là d'une pseudomorphose d'un minéral disparu.

La lujavrite contraste avec les roches précédentes par sa richesse en acmite aciculaire (jaune et verte), à bords frangés, qu'accompagne un peu de biotite; elle est englobée par de grands cristaux de microcline. Cette roche ne renferme pas de néphéline, mais de la losite associée à de la calcite. Des pseudomorphoses d'un minéral disparu (eudialyte?) en zircon, fluorine violette, magnétite et albite grenue sont assez abondantes (analyse 4).

L'escarpement de Kirumba, à l'ouest de Rutshuru, est formé par une roche singulière, recueillie par M. Dropsy; fragile et friable, elle est faite de cristaux blancs de feldspath se détachant sur un fond noir de biotite en fines paillettes; le feldspath est l'albite, à macles extrêmement fines et entrecoupées; la biotite, riche en auréoles polychroïques, et associée à de la muscovite, forme des agrégats de lamelles, parfois accompagnées de grains d'albite.

L'analyse 5 montre que la composition *chimique* de cette roche est

celle d'une syénite néphélinique [II.6.1'.3(4)], mais la discussion de cette composition pose le problème de savoir s'il s'agit bien là d'une roche éruptive intacte, d'une forme hétéromorphe de syénite néphélinique. En effet, elle renferme 5 pour 100 d'alumine libre et aucune syénite néphélinique connue ne présente à la fois une telle pauvreté en chaux et une telle richesse relative en magnésie. Si l'on rapproche la structure de ses agrégats micacés de celle des zones micacées, riches en albite, décrites plus haut dans une des syénites leucocrates, on se demande si dans les deux cas, il ne s'agit pas d'un stade d'évolution d'une roche éruptive en schiste cristallin et si, une telle transformation minéralogique et structurale n'a pas été précédée par une transformation chimique (perte de soude?). La solution de ce problème demanderait une étude sur le terrain et la récolte d'échantillons plus nombreux.

Les analyses suivantes ont été effectuées par M. Raoult.

1. *Syénite à sodalite bleue*............ I.6.1.4
2. » » *blanche*.......... I.6(7).1.4
3. » *à losite*.................... I'.5'.1.3
4. *Lujavrite*........................... III.6.1.3(4).
5. *Syénite micacée*..................... II.6.1'.3(4).

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2.....	57,64	54,44	58,22	50,34	48,42
Al^2O^3....	22,54	23,59	20,15	12,33	21,35
Fe^2O^3....	1,64	0,44	2,25	13,28	2,82
FeO.....	1,17	1,42	0,92	1,17	8,32
MgO.....	traces	0,14	traces	0,27	3,86
CaO.....	0,24	1,56	1,84	5,06	0,78
Ni^2O.....	10,10	10,20	6,09	8,66	5,61
K^2O.....	4,93	6,26	7,56	4,57	5,55
TiO^2.....	0,26	0,20	0,08	0,47	1,20
P^2O^5.....	»	0,18	»	»	0,11
$H^2O(+)$..	1,00	0,83	1,24	0,96	1,40
» (—)..	»	0,13	»	0,09	0,34
MnO.....	0,13	0,15	0,18	0,37	0,24
Cl.......	0,56	0,82	0,08	0,13	»
F.......	0,29	0,11	n.d.	n.d.	0,18
CO^2......	0,15	0,28	1,88	2,82	»
	100,65	100,75	100,49	100,42	100,18

Cette rapide description montre que le massif syénitique de Rutshuru présente une physionomie très spéciale; l'ensemble de ses roches ne

ressemble pas aux syénites néphéliniques connues en Afrique (¹). Il est intéressant, en outre, de voir ce centre de roches éruptives anciennes à soude généralement prédominante, se trouver sur le bord de la grande dépression du Kivu, où des volcans, en partie actifs, ont fourni et fournissent encore des laves, à la fois néphéliniques et leucitiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les analogies du scandium avec les éléments des terres rares et avec les éléments trivalents de la famille du fer.* Note (²) de MM. **G. Urbain** et **Pulin Bihari Sarkar.**

Le scandium n'accompagne jamais les terres rares dans leurs minéraux qu'en très petite quantité. D'ailleurs il ne les accompagne pas toujours. Réciproquement on trouve du scandium dans certains minéraux où la présence des terres rares n'a pu être décelée; et, dans les minéraux les plus riches en scandium, la thortveitite de Madagascar, par exemple, on trouve seulement de petites quantités de terres rares (³).

Ainsi le scandium, en se comportant d'un point de vue minéralogique de cette façon particulière, s'écarte sensiblement du groupe compact des terres rares dont les divers éléments sont toujours associés, soit dans le groupe cérique, soit dans le groupe yttrique, dans des rapports qui varient relativement peu.

C'est par l'ensemble de ses caractères analytiques que le scandium ressemble aux terres rares. En particulier par les plus caractéristiques : insolubilité des fluorures et très faible solubilité des oxalates.

Par la solubilité de la plupart de ses sels, c'est au lutécium que le scandium ressemble le plus. Ces deux éléments présentent des rapports analytiques d'autant plus étroits que leurs oxydes sont des bases faibles. C'est d'ailleurs grâce à ces ressemblances que le scandium a été découvert, par Nilson, dans des ytterbines qu'il fractionnait par la méthode de pyrogénation des nitrates qui classe les oxydes dans l'ordre de leur basicité. Cepen-

(¹) La lujavrite est cependant connue au Pilandsberg (Transvaal).

(²) Séance du 12 septembre 1927.

(³) A. Lacroix, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 471. — E. Boulanger et G. Urbain, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1442.

La thortveitite de Madagascar, qui renferme 37 pour 100 de Sc^2O^3, contient seulement 0,5 pour 100 de terres rares du groupe yttrique. D'après les analyses de Schetelig, de Tauchert, de Sterba, la thortveitite de Norvège contient de 4,2 à 17,7 pour 100 de terres yttriques.

dant la très faible solubilité du sulfate double de scandium et de potassium éloigne le scandium des termes ultimes de la série yttrique pour le rapprocher des terres du groupe cérique.

En dehors des sels simples et anhydres, les sels de scandium diffèrent toujours, par leur composition, des sels correspondants des terres rares. Aucun cas d'isomorphisme ne permet d'établir entre eux une analogie certaine. On sait seulement que le scandium est trivalent, comme le sont les éléments des terres rares; mais la valence ne saurait être considérée à elle seule comme un caractère d'analogie.

L'argument le plus puissant qui plaide en faveur de l'analogie du scandium et des terres rares est d'ordre théorique : dans la classification de Mendeleeff, le scandium, l'yttrium et le lanthane qui se trouvent dans la même colonne III, appartiennent respectivement aux séries 4, 6 et 8. Comme c'est le cas pour le potassium, le rubidium et le cœsium, (colonne I), ou encore pour le magnésium, le zinc et le cadmium (colonne II), le scandium, l'yttrium et le lanthane font figure de triade. Cependant, à tout autre égard, le scandium ne saurait être, comme l'a dit Bohuslaw Brauner (1) qu'une extrapolation dans la série des terres rares.

En définitive les seuls rapprochements que l'on puisse jusqu'ici légitimement faire entre le scandium et les terres rares sont d'ordre analytique; et de ce point de vue, ce n'est pas des terres rares que le scandium se rapproche le plus, mais du thorium (2), en dépit de la différence de leurs valences.

Mais, élément trivalent, le scandium ne peut avoir d'analogies profondes qu'avec d'autres éléments trivalents, et si malgré les apparences il n'en présente pas avec les éléments du groupe des terres rares, il pourrait en présenter avec d'autres éléments trivalents que l'on ne saurait rapprocher des terres rares.

Les sels qui, d'une manière générale se prêtent le mieux à des recherches de ce genre sont les acétylacétonates (3). La méthode des acétylacétonates

---

(1) *Handb. der Anorg. Chem.*, Abbeg, 3, 1906, p. 340.

(2) Le Th et le Sc s'accompagnent toujours lors des traitements analytiques. Ils se comportent de même vis-à-vis de HF, de l'acide oxalique, du sulfate de potassium et des réactifs analytiques généraux.

(3) A. Combes, *Comptes rendus*, **108**, 1889, p. 405; *Comptes rendus*, **119**, 1894, p. 1221.

A une époque où l'on attribuait des formules doubles aux sels d'aluminium, A. Combes a établi, par des mesures de densité de vapeur, que l'acétylacétonate d'alu-

a été appliquée au scandium successivement par M. Biltz ([1]), par R. J. Meyer ([2]), et par Morgan et Moss ([3]). Ces auteurs sont d'accord pour considérer l'acétylacétonate de scandium et l'acétylacétonate ferrique comme isomorphes. Ce résultat a été confirmé par les descriptions cristallographiques de Jaeger ([4]) et finalement par W.-T. Atsbury ([5]) qui, par la méthode des rayons X, a déterminé la commune structure de ces sels.

D'autre part, au sujet de l'application d'une méthode analytique proposée par R. J. Meyer, J. Sterba-Böhm ([6]) a insisté sur le caractère complexe des combinaisons que forme le fluorure de scandium avec les fluorures alcalins. Ces sels qui sont du type $[ScF^6]M^3_I$, sont tout à fait comparables aux composés correspondants des éléments trivalents de la famille du fer. Comme eux ils cristallisent en octaèdres réguliers, et l'on ne saurait douter qu'ils leur soient isomorphes.

Voilà donc deux cas bien nets d'analogie entre le scandium et les éléments du groupe ferrique. Il était ainsi probable que le scandium doit être considéré comme un homologue de l'aluminium, avec le gallium et l'indium. Mais comme l'isomorphisme peut toujours être fortuit, il était nécessaire d'en multiplier les cas, ou, tout au moins, de révéler entre les composés du scandium, et ceux des éléments du groupe ferrique, des analogies de composition. Celles-ci ne sauraient d'ailleurs être prises en considération dans le cas des sels simples ou anhydres, puisqu'elles dépendent de la seule valence.

Or on ne trouve dans la littérature, en dehors des scandifluorures, d'autre analogie de composition que celle qui se rapporte d'une part aux oxalates complexes du scandium et d'autre part aux sels correspondants de cobalt, de fer, de chrome, qui, d'après H. Copaux ([7]), sont monocliniques et isomorphes. Ces sels sont du type $[Fe(C^2O^4)^3]K^3, 5H^2O$. Il en est de même

---

minium admet une formule simple; c'était démontrer péremptoirement la trivalence de l'aluminium. Le même auteur a, par la même méthode, mis hors de doute la divalence contestée du glucinium.

G. Urbain, *Recherches sur les acétylacétonates; Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **15**, 1896, p. 347. — G. Urbain et A. Debierne, *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 302.

([1]) *Z. Anorg. Chem.*, **82**, 1913, p. 38.

([2]) *Z. Anorg. Chem.*, **86**, 1914, p. 228.

([3]) *Trans. Chem. Soc.*, **196**, 1914, p. 105.

([4]) *Rec. Trav. Chim.*, P. B. **33**, 1914, p. 324.

([5]) *Proc. Roy. Soc. A.*, **112**, 1926, p. 449.

([6]) *Z. für Elektrochem.*, **20**, 1914, p. 289.

([7]) *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, **6**, 1905, p. 568.

du sel de scandium $[Sc(C^2O^4)^3]K^3$, $5H^2O$ qui est également monoclinique.

Voici quelques composés nouveaux de scandium avec, en regard, les composés correspondants de la famille du fer.

Sels de scandium.	Sels correspondants.
$[Sc(SCN)^6](NH^4)^3$, $4H^2O$	$[V(SCN)^6](NH^4)^3$, $4H^2O$
$[Sc(SCN)^6]K^3$, $4H^2O$	$[Cr(SCN)^6]K^3$, $4H^2O$
$[Sc(SCN)^6]Na^3$, $12H^2O$	$[Cr(SCN)^6]Na^3$, $12H^2O$

Ces sulfocyanures de scandium, forment avec les sels correspondants de chrome des cristaux mixtes.

Les essais en vue d'obtenir des aluns de scandium du type $(SO^4)^3Al^2$, SO^4K^2, $24H^2O$ ont échoué. Le sel $[Sc(SO^4)^3]Na^3$, $6H^2O$ est le seul sulfate double hydraté qui ait pu être obtenu. En général on obtient des sulfates doubles microcristallins ayant la composition d'aluns anhydres :

Sels de scandium.	Sels correspondants.
$[Sc(SO^4)^2]K$	
$[Sc(SO^4)^2](NH^4)$	$[Cr(SO^4)^2]NH^4$
$[Sc(SO^4)^2]Rb$	
$[Sc(SO^4)^2]Cs$	

Enfin le sulfate $[Sc(SO^4)^3]Tl^3$ est analogue au sel d'Étard, $[Cr(SO^4)^3]K^3$. Toutefois nous n'avons pu révéler entre ces sulfates de scandium et les sulfates correspondants de chrome de relations d'isomorphisme.

Il ressort de cet ensemble de remarques et d'observations que le scandium, dans ses sels complexes, et principalement dans ses complexes hexacoordonnés, se rapproche particulièrement des éléments trivalents de la famille du fer [1].

M. **Vito Volterra** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter en hommage à l'Académie des Sciences ce volume contenant les leçons que j'ai professées à l'Université de Madrid en 1925 sur les *fonctionnelles et leurs applications*.

L'Ouvrage est divisé en six Chapitres qui correspondent aux six lectures

---

[1] On trouvera les détails de ce travail, dans la Thèse de Pulin Bihari Sarkar. Paris, 1927.

que j'ai données. Chaque Chapitre se termine par une bibliographie se rapportant aux sujets qu'on y a exposés.

On a publié beaucoup de Mémoires et quelques excellents traités sur les fonctionnelles, mais à mon avis il manque un Ouvrage systématique qui synthétise tous les résultats obtenus. Ces leçons sont bien loin de remplir cette lacune, mais elles montrent comment on pourrait distribuer et coordonner les théories dont l'ensemble constitue l'analyse fonctionnelle.

L'Ouvrage a été rédigé par M. Fantappiè sur les notes que je lui ai fournies. Il a été traduit en castillan par le professeur Octavio de Toledo et publié par la Faculté des sciences de Madrid.

CORRESPONDANCE.

Le **Recteur magnifique** de l'*Université de Louvain* remercie l'Académie de l'adresse de sympathie qu'elle a présentée aux fêtes du cinquième Centenaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les quadratures mécaniques et sur les zéros des polynomes de Tchebycheff dans un intervalle infini.* Note [1] de M. **Jacques Chokhate**, transmise par M. Appell.

1. Soit $[\varphi_n(x)](n=0, 1, 2, \ldots)$ une suite orthogonale de polynomes de Tchebycheff, dénominateurs de convergentes successives de la fraction continue

$$(1) \qquad \cfrac{\lambda_1}{x-c_1-\cfrac{\lambda_2}{x-c_2-\ldots}} \sim \int_a^b \frac{p(y)}{x-y}\,dy \qquad [p(y) \geqq 0 \text{ dans } (a, b)],$$

x (réel ou complexe) n'appartenant pas à (a, b).

On obtient à l'aide de zéros $(a<)x_{n1}<x_{n2}<\ldots<x_{nn}(<b)$ de $\varphi_n(x)$ la formule de « quadratures mécaniques »

$$(2) \qquad \int_a^b p(x)f(x) = \sum_1^n {}_i H_{ni}f(x_{ni}) + R_n(f),$$

où $R_n(f) \equiv 0$, si $f(x)$ est un polynome de degré $< 2n$.

---

(1) Séance du 20 septembre 1927.

Dans ce qui suit l'intervalle (a, b) est infiniment grand, soit $(0, \infty)$. Nous nous proposons d'étudier la convergence de la formule (2), *c'est-à-dire* la validité de $\lim R_n(f)_{n=\infty} = 0$ [1].

Voilà ce qu'on obtient en supposant que

A. *La fraction continue* (1) *converge vers l'intégrale.*

1° *La formule de quadratures mécaniques converge si*

α. *$f(x)$ et $R_n(f)$ conservent leur signe pour $x \geqq x_0$, $n \geqq n_0$, x_0, $n_0 (> 0)$* désignant, en général, des quantités assez grandes;

β. *$f(x)$ est bornée et continue dans chaque intervalle fini $(x \geqq 0)$, y ayant, au plus, un nombre limité de discontinuités, $|f(x)| < \varphi(x)$ pour $x \geqq x_0$, où $\varphi(x)$ satisfait la condition* (α) [par exemple, $\varphi(x) = x^m$, m — entier > 0].

2° *Sous les conditions de continuité* (β), *on a, quelque petite que soit* $\varepsilon > 0$,

$$\left| \int_0^\infty p(x) f(x)\, dx - \sum_{x_{ni} \leqq x_0} H_{ni} f(x_{ni}) \right| < \varepsilon \qquad (n \geqq n_0). \tag{3}$$

On obtient des résultats analogues pour $(-\infty, \infty)$.

L'analyse employée ci-dessus, très élémentaire, ne fait aucun usage ni des « moments » [2] $\left[\int_a^b p(x) x^n dx \right]$, ni de la distribution des zéros des $\varphi^n(x)$. Au contraire, il en résulte : *sous la condition* (A) [3] *on trouve des zéros de $\varphi^n(x)$ pour $n \geqq n_0$ dans chaque intervalle (α, β) tel que*

$$\int_\alpha p(x)\, dx > 0 [a \leqq \alpha < \beta \leqq b].$$

Omettons la condition (A). On a alors

$$x_1 \to a, \quad x_n \to b \quad \text{pour} \quad n \to \infty, \tag{4}$$

sous la seule condition de non-existence de nombres α, β tels que

$$\int_a^\alpha p(x)\, dx = 0 = \int_\beta^b p(x)\, dx (a < \alpha, \beta < b).$$

---

(1) Pour le cas (a, b) fini cf. Stieltjes, *Quelques recherches sur les quadratures dites mécaniques* (*Œuvres*, 1, p. 377-394).

(2) Cf. J. Uspensky, *Sur la convergence des quadratures mécaniques dans un intervalle infini* (en russe), *Bulletin de l'Académie des Sciences de Russie*, 4, 1916, p. 851-866.

(3) En particulier, si dans $(0, \infty)\, p(x) \leqq e^{x^{-\lambda}} \left(x \geqq x_0,\ \lambda \geqq \frac{2}{1} \right)$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption des rayons ultraviolets par les dix isomères du dichlornaphthalène.* Note (1) de M. **Henry de Laszlo**, transmise par M. M. de Broglie.

Les courbes d'absorption des dichlornaphthalènes se laissent diviser en trois groupes dont les positions des atomes du Cl sont les suivantes : $\alpha\alpha$, $\beta\beta$, $\alpha\beta$.

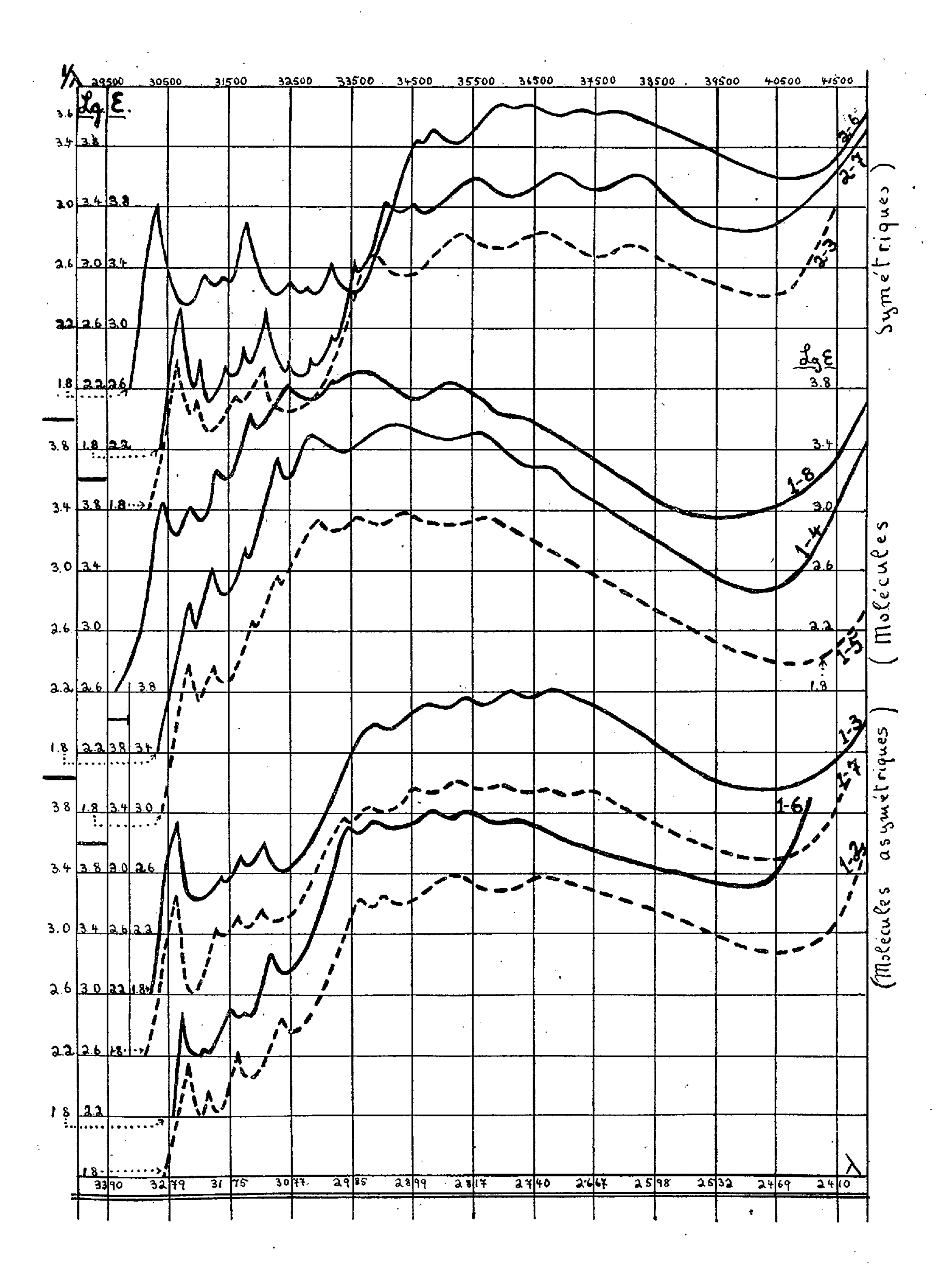
La même méthode de groupement peut être appliquée aux points de fusion. Il en résulte que ceux-ci sont plus élevés lorsque les groupes substituants sont en position symétrique et aussi éloignés que possible. De tous les isomères avec $(OH)^2$, $(NH^2)^2$, $(Br)^2$, $(Cl)^2$, les dérivés en (2 — 6) ont le point de fusion le plus élevé. Il y a là analogie avec la position para des dérivés benzéniques.

Tous les spectres, à l'exception de (1-2), présentent un grand intervalle électronique (Δ) à peu près identique de 1420 cm^{-1}, le plus clairement marqué dans les dérivés $\beta\beta$ et $\alpha\beta$.

Les bandes des vapeurs de ces isomères répètent l'image des bandes des solutions hexaniques en tant que positions et intensités relatives; elles sont cependant déplacées vers l'ultraviolet d'un intervalle (δ) cm^{-1}, celui-ci étant constant pour toutes les bandes d'une région (A ou B), plus grand cependant pour la région B. Cela indique la présence de deux états d'activation électroniques différents.

---

(1) Séance du 20 septembre 1927.



1/λ
Lg E.
29500
30500
31500
32500
33500
34500
35500
36500
37500
38500
39500
40500
41500
2-6
2-7
2-3
Symétriques)
Lg E
1-8
1-4
1-5
(Molécules
1-3
1-7
1-6
1-2
(Molécules asymétriques)
λ
3390
3279
3175
3077
2985
2899
2817
2740
2667
2598
2532
2469
2410

POSITIONS ET INTENSITÉS DES BANDES D'ABSORPTION DES DIX DICHLORNAPHTHALÈNES.

	Région A.		*Région* B.	
λ (sol.).	Σ.	λ (vap.).	λ (sol.).	λ (vap.).
$\delta = 180$.	$\Delta = 1530$ $\alpha_1 \beta_2$ (35° C.).		$\delta = 990$.	
3245	365	3226	2976	2892
3212	240	3194	2943	2860
3162	435	3145	2842	2766
3191	725	3073	2731	2666
$\delta = 150$.	$\Delta = 1445$ $\alpha_1 \alpha_4$ (68° C.).		$\delta = 750$.	
3245	620	3229	3048	2980
3205	1080	3190	2926	2863
3151	1450	3136	2810	2752
3099	5500	3085	2712	2651
$\delta = 180$.	$\Delta = 1435$ $\alpha_1 \beta_6$ (49° C.).		$\delta = 900$.	
3253	300	3234	2992	2913
3219	185	3201	2956	2880
3174	330	3056	2876	2804
3151	305	–	2885	2767
3107	760	3091	2764	–
$\delta = 190$.	$\Delta = 1410$ $\alpha_1 \alpha_8$ (87° C.).		$\delta = 600$.	
3285	1150	3226	3078	3027
3238	1050	3219	3021	2972
3193	1850	3174	2964	2908
3140	4400	3121	2849	2899
$\delta = 190$.	$\Delta = 1430$ $\beta_2 \beta_6$ (135° C.).		$\delta = 790$.	
3292	1000	3272	2893	2829
3213	365	3193	2867	2804
3183	345	3164	2780	2720
3144	795	3125	2751	2692
3072	325	3053	2682	2623
3046	290	3029	2649	–
3008	440	2992	–	–

Naphtalène.

$\delta = 260$, $\Delta = 1458$, $\delta = 505$.

Σ = Coefficients d'absorption moléculaire.

	Région A.		*Région* B.	
λ (sol.).	Σ.	λ (vap.).	λ (sol.).	λ (vap.).
$\delta = 140$.	$\Delta = 1400$ $\alpha_1 \beta_3$ (62° C.).		$\delta = 560$.	
3264	915	3248	2949	2901
3187	400	3173	2876	2834
3158	555	3145	2833	2788
3120	675	3107	2770	2730
–	–	–	2720	2680
$\delta = 170$.	$\Delta = 1455$ $\alpha_1 \alpha_5$ (104° C.).		$\delta = 620$.	
3244	620	3226	3033	2978
3199	605	3181	2979	2926
3139	1200	3121	2915	2863
3097	2350	3082	2799	2750
$\delta = 150$.	$\Delta = 1400$ $\alpha_1 \beta_7$ (63° C.).		$\delta = 1180$.	
3264	730	3247	2960	2860
3195	455	3180	2895	2799
3157	555	3140	2840	2748
3120	620	3106	2778	2690
2991	2400	2975	2727	2641
–	–	–	2673	2590
$\delta = 160$.	$\Delta = 1420$ $\beta_2 \beta_3$ (120° C.).		$\delta = 820$.	
3260	635	3244	2947	2878
3226	350	3209	2830	2766
3163	365	3148	2721	2662
3115	575	3100	2618	2563
$\delta = 160$.	$\Delta = 1430$ $\beta_2 \beta_7$ (114° C.).		$\delta = 810$.	
3256	550	3239	2934	2866
3223	250	3207	2897	2831
3182	230	3167	2819	2756
3151	310	3134	2707	2650
3111	550	3006	2615	2560
3080	240	3065	–	–
3045	250	3031	–	–
3015	365	3000	–	–
2979	1150	2965	–	–

GÉOLOGIE. — *Sur le Pliocène supérieur de la vallée de l'Aujon.* Note [1] de M. E. **Bruet**, transmise par M. Ch. Depéret.

De nouvelles recherches sur le Pliocène supérieur de la vallée de l'Aujon nous permettent d'apporter certaines précisions au point de vue de la stratigraphie des gisements de la forêt d'Arc.

En premier lieu, nous avons continué l'exploration de la couche d'ocre rouge dont nous avons précédemment donné les caractéristiques principales [2].

Dans cette couche nous avons rencontré une dernière molaire inférieure que M. Depéret rapporte à *Cervus* (*Capreolus*) *cusanus* Croiz. et Jobert, de Perrier, du Velay et de Chagny; ainsi qu'une dernière molaire supérieure d'un Antilopidé d'Ardé (Puy-de-Dôme), décrite par M. Depéret sous le nom d'*Antilope ardea*, pour laquelle M. Schaub a créé le genre nouveau *Deperetia*.

Nous avons profité de travaux anciens d'exploitation de l'ocre qui permettent un accès plus commode à la base de la couche d'ocre rouge riche en os de mammifères fossiles et contenant des galets vosgiens.

Cette partie de la haute terrasse de 140^{m} présente au point de vue stratigraphique trois aspects différents :

1° Le faciès de remaniement superficiel ayant remanié les assises bathoniennes et ayant conservé une couche d'argile ocreuse ;

2° L'allure de poches renfermant des témoins du Callovien montrant ainsi l'extension ancienne de ce terrain. L'ocre rouge contenue dans ces poches a raviné des terrains altérés. Un type de cette formation se rencontre dans la forêt d'Arc à proximité de la route de Dix-Pieds, dans la coupe de bois n° 14. Il a donné *Bos etruscus* et des Cervidés ;

3° Le faciès de remplissage de fissures dans le Bathonien avec au sommet la forme n° 1. Nous en citerons un exemple à proximité de la ligne forestière 25-19, dans la coupe de bois n° 20. Cette fissure est suivie en direction NNW-SSE par une galerie ancienne d'exploitation de l'ocre. Au toit de cette galerie, dans une brèche, nous avons rencontré *Hippopotamus major* et *Equus stenonis*.

---

(1) Séance du 20 septembre 1927.

(2) E. Bruet, *Sur la découverte du Pliocène supérieur dans la vallée de l'Aujon* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1262).

Le faciès n° 1 voisine avec les aspects 2 et 3 et les relie. Partout nous avons trouvé des galets vosgiens.

On peut admettre que l'ocre rouge représente un faciès de bordure de la terrasse de 140^m.

En second lieu nous avons observé le passage latéral de la formation d'ocre dont l'âge est bien déterminé, au limon des plateaux relativement pauvre en fer.

Ce passage s'opère en particulier entre la ligne forestière 25-19 et la route du Long-Boyau, à proximité de la route de la Passarde.

De la route du Long-Boyau et parallèlement à la ligne forestière 1-2, nous avons suivi le limon des plateaux par des fouilles sur une distance de 500^m environ. L'épaisseur de cette formation est de 0^m,60 à 0^m,80, elle repose sur le bathonien compact, horizontal, parfaitement poli, présentant bien l'allure du fond rocheux d'un ancien cours d'eau. Les fissures des roches bathoniennes sont remplies par le limon.

Ce limon des plateaux est une formation nettement alluviale car il contient des galets de quartz filonien à patine rougeâtre, de 3 à 4^{cm} de diamètre environ, irrégulièrement arrondis sur leurs diverses faces, voisinant avec des galets calcaires.

Cette partie de la haute terrasse pliocène a conservé une certaine horizontalité. Plus tard, au Quaternaire, deux combes sont venues la découper, l'une va passer entre la Vendue et le carrefour Princesse-Clémentine, l'autre entre ce dernier lieu et le carrefour Monsieur-le-Duc.

Le point important qu'il convient donc de souligner ici est le passage latéral des ocres rouges dont l'âge est connu, au limon des plateaux. L'âge de cette dernière formation ainsi déterminé, nous apportera une aide précieuse dans l'étude des hautes terrasses de l'Aujon et de l'Aube.

CLIMATOLOGIE. — *La répartition et le transport des chlorures dans l'atmosphère.* Note (¹) de MM. **F. Bordas** et **A. Desfemmes**, présentée par M. d'Arsonval.

Le climat marin agit d'une façon toute spéciale sur les échanges organiques; pour certains auteurs, le chlorure de sodium joue un rôle des plus actifs dans les effets toniques et excitants du climat marin; pour d'autres,

(¹) Séance du 20 septembre 1927.

la doctrine de la spécificité des cures marines par le chlorure de sodium est loin d'être démontrée.

D'après ces derniers auteurs, le sel n'existerait que d'une façon tout à fait exceptionnelle dans l'air et sa présence n'aurait d'ailleurs jamais été signalée à plus de 150^{m} du rivage.

Les recherches qui ont été entreprises par M. A. Gautier au phare de Rochebouvres [1] en plein océan, celles de Duphil, Claisse, sur nos côtes de l'Atlantique, ont montré que le taux de chlorure contenu dans l'atmosphère ne dépassait pas 0^{g},022 par mètre cube d'air et que la présence du chlorure de sodium ne se décelait que très exceptionnellement dans l'air au delà de 800^{m} du rivage.

Nous avons repris la question en envisageant le problème autrement. Nos expériences préliminaires nous ayant fait voir que le plus souvent l'embrun se condense en couches successives sur les particules solides, et cela suivant l'état de l'atmosphère et la nature du support.

Il n'y a donc pas de relations exactes entre la quantité de Cl trouvée à l'analyse et le nombre de particules solides contenues dans un volume d'air déterminé. Nous avons dû abandonner l'idée de recourir aux méthodes par détente et de condensation pour celle plus simple du dosage du Cl dans l'eau de la pluie (on détermine la quantité de Cl contenu dans la totalité de l'eau de pluie recueillie par un pluviomètre et l'on rapporte ensuite le chiffre de Cl trouvé à une unité de surface).

Nous avons choisi, pour commencer cette étude, une région située dans le Midi. La ville de Cette offrait l'avantage d'être dominée par une colline isolée de 180^{m}, ce qui permit d'établir des postes d'observation à différentes hauteurs au-dessus du niveau de la mer.

Nous avons créé en même temps un centre d'observations à Vasquières, village situé à 35^{km} de la mer et à une altitude de 100^{m}.

Nos observations ont commencé le 25 octobre 1925 et se poursuivent sans interruption depuis cette époque.

Nous avons examiné d'abord les poussières recueillies en différents points de la région. Nous avons trouvé sur la route de la Corniche de Cette, 0^{g},0947 pour 100 de Cl (en NaCl); sur un échantillon à Villeroy en plein vignoble, sur le bord de la mer, 3^{g},400 pour 100; au sommet du sémaphore de Cette 0^{g},496 pour 100; sur la route d'Issanka à Gigean, à 10^{km} de Cette

(1) A. Gautier, *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 715.

$0^g,033$ pour 100; enfin entre Brissac et Ganges, à 50^{km} de la mer $0^g,0005$ pour 100.

On conçoit que la quantité de chlorure maintenue en suspension dans l'atmosphère, par le mécanisme que nous venons d'indiquer, doive varier dans de larges proportions suivant les conditions atmosphériques. C'est ainsi que nous avons enregistré les deux chiffres extrêmes de $0^g,3364$ de Cl (en NaCl) lors de la chute de poussière du 1er novembre 1926, soit $8^g,41$ de chlorure de sodium par mètre carré, dans des conditions atmosphériques exceptionnelles et au contraire des traces à peine sensibles de chlorure lorsque les analyses sont pratiquées après plusieurs jours de pluies consécutives.

Les observations faites à Vasquières, à 35^{km} de Cette, ont donné une moyenne de chlorure égale à $0^g,00267$ par litre d'eau, soit une quantité vingt fois moindre qu'à Cette.

Lors de la chute de neige du 13 janvier 1926, phénomène rare à Cette, nous avons trouvé $0^g,0346$ de Cl (en NaCl). De la neige recueillie au mont Aigoual, à 1400^m d'altitude et à plus de 70^{km} en ligne droite de la mer, a fourni $0^g,001$ de Cl (en NaCl) par litre d'eau.

En résumé, il ressort de ces premières observations, que l'atmosphère peut tenir en suspension des quantités de chlorures qui, entraînées par la pluie, représentent une chute de $8^g,41$ de chlorure de sodium par mètre carré.

Ces chlorures peuvent être transportés à des distances beaucoup plus considérables de la mer que celles admises jusqu'ici.

Les faibles amplitudes de marées de la Méditerranée réduisent à peu de chose la zone d'Aitken et diminuent la production de certains brouillards de rivages qui ne véhiculent presque pas de chlorures et que l'on ne doit pas confondre avec l'embrun.

AGRONOMIE. — *Influence des cultures prolongées sans engrais sur la richesse azotée des sols.* Note [1] de M. **J. Dumont**, transmise par M. Henneguy.

Dans quelques intéressants Mémoires parus dans les *Annales agronomiques*, P.-P. Dehérain a étudié les pertes et les gains d'azote des terres arables cultivées avec ou sans engrais depuis 1875 jusqu'en 1889. On y

[1] Séance du 20 septembre 1927.

trouve de précieuses données analytiques, avec le numéro des parcelles du champ d'expériences de la station agronomique de Grignon consacrées à ces essais que je me suis fait un scrupuleux devoir de continuer et même d'étendre considérablement. Je me bornerai, dans cette Note, à l'examen du mouvement de l'azote :

1° dans des terres sans engrais depuis 1875;
2° dans des terres sans engrais depuis 1892;
3° dans des terres sans engrais depuis 1902.

a. Terres sans engrais depuis 1875. — Voici, comparativement avec des parcelles régulièrement fumées, les résultats des dosages d'azote effectués à différentes époques :

	Azote par kilo de terre		Différences observées		
	fumée.	sans engrais.	actuelles.	successives.	absolues.
En 1875.....	2,04	2,04	»	»	»
En 1878.....	2,00	1,70	0,30	0,34	0,34
En 1881.....	»	1,53	»	0,17	»
En 1888.....	1,85	1,49	0,36	0,04	0,55
En 1889.....	»	1,52 (1)	»	»	»
En 1897.....	1,86	1,48	0,38	0,04	0,56
En 1903.....	1,72	1,36	0,36	0,12	0,68
En 1927.....	1,78	1,19	0,59	0,17	0,85

Les *différences actuelles* sont établies par rapport à l'analyse des parcelles fumées ou sans engrais faite au même moment : les *différences successives* se rapportent au dosage précédent, tandis que les *différences absolues* sont calculées d'après le dosage initial (1875). On voit ainsi que les parcelles sans engrais, après 53 ans de culture, accusent une perte en azote de $0^{gr},85$ par kilo, soit 2550 kilos pour l'ensemble de la couche arable d'un hectare pesant 3000 tonnes. La perte annuelle s'élèverait donc à 48 kilos environ par hectare; mais elle varie très sensiblement aux différentes périodes. Très forte au début, elle va s'affaiblissant peu à peu comme le montre le tableau suivant :

	Pertes annuelles moyennes	
	par kilogramme (en grammes).	par hectare (en kilogrammes).
De 1875 à 1878...............	0,0850	245
De 1879 à 1888...............	0,0210	63
De 1889 à 1897...............	0,0045	13,5
De 1898 à 1903...............	0,0200	60
De 1904 à 1927...............	0,0068	20,4

(1) Cet enrichissement est imputable à une culture de légumineuse.

Au cours de la troisième période (1888-1897) la perte est très faible; il faut en attribuer la cause à l'introduction du trèfle dans notre assolement quadriennal. Quand cette légumineuse eut fatigué mais enrichi la terre, Debérain cessa de la cultiver; elle est restée, depuis, hors de la rotation.

b. Terres sans engrais depuis 1892. — Dans les cases de végétation, la terre n'est pas fertilisée et les pertes d'azote, depuis 35 ans, atteignent une forte proportion; mais elles sont moindres dans les cases régulièrement cultivées que dans celles restées sans culture, désherbées ou binées, depuis l'origine (1891). A titre d'exemple je prendrai la case 12 (terre nue régulièrement binée) et la case 13 (terre cultivée annuellement) qui n'ont jamais reçu d'engrais. Voici les dosages d'azote avec les différences successives :

	Azote par kilogramme.		Différences successives.	
	Case 12.	Case 13.	Case 12.	Case 13.
En 1892	1,71	1,71	»	»
En 1896	1,44	1,56	0,27	0,15
En 1903	1,37	1,52	0,07	0,04
En 1927	1,12	1,32	0,25	0,20

On voit que la case 13, malgré les exportations faites par les récoltes, a perdu moins d'azote, depuis l'origine, que la case 12 (0,39 contre 0,59 par kilogramme). Les pertes annuelles s'établissent ainsi, par kilogramme (en grammes) et par hectare (en kilogrammes), pour les trois périodes :

	Case 12		Case 13	
	par kilogramme.	par hectare.	par kilogramme.	par hectare.
De 1892 à 1896	0,054	162	0,030	90
De 1897 à 1903	0,010	30	0,006	18
De 1904 à 1927	0,010	30	0,008	24

Pourquoi les sols nus perdent-ils plus d'azote que les sols régulièrement cultivés sans engrais ? Parce que les débris de récoltes qui restent en terre fournissent un aliment utile aux ferments fixateurs d'azote et que, de ce fait, la *microbionitrogénation* devient plus intense.

c. Terres sans engrais depuis 1902. — La moyenne des dosages d'azote, pour les huit parcelles comprises dans l'assolement général, était de 1,66 au début; elle s'élève à 1,33 aujourd'hui. La différence ressort donc à 0,33 par kilogramme pour une période de 25 ans : soit une perte annuelle de 0,0132, identique à celle qu'ont subie les anciennes parcelles de 1878 à 1903.

Voilà donc un excellent contrôle expérimental ! Les nouvelles expériences sont la plus éclatante confirmation des anciennes, à un quart de siècle de distance. Les pertes d'azote de nos sols sont faibles et la culture périodique d'une légumineuse les rendrait insignifiantes.

CYTOLOGIE. — *Sur le bâtonnet chromatique de la tête des spermatozoïdes.* Note (¹) de M. **Pierre P. Grassé** et Mlle **Odette Tuzet**, transmise par M. Henneguy.

La tête des spermatozoïdes des Métazoaires est traversée par un filament chromatique, rectiligne ou spiralé, intra ou extranucléaire, dont on connaît mal le mode de formation et la signification. Il a été étudié par un petit nombre de cytologistes, et a reçu les noms d'appareil spiral (Retzius 1902-1911), de bâtonnet ou baguette intranucléaire (Stéphan 1903, Hyman 1923), de spirostyle ou axostyle (Champy 1912-1923). Il existe probablement dans les spermies de tous les Métazoaires; cependant nous ne l'avons jamais vu dans celles des Mammifères, mais Champy dessine dans une spermatide de Viscache une fine pointe à insertion centriolaire qui pénètre à l'intérieur du noyau et correspond à notre organite, selon toute vraisemblance.

Nous avons étudié plus particulièrement le filament des gamètes mâles des Méduses acaléphes, des Gastéropodes prosobranches, des Batraciens et des Oiseaux.

Le spermatozoïde d'*Aurelia aurita* possède un filament chromatique extranucléaire qui, tout comme le flagelle, part du centrosome, longe le noyau pour atteindre l'extrémité antérieure coiffée d'un petit acrosome. Cette structure a déjà été décrite par Retzius et par Koltzoff. Pour ce dernier, la fibrille chromatique appartiendrait à la catégorie des formations cytoplasmiques de soutien (cytosquelette). Wilson (1925) accepte, semble-t-il, cette interprétation. Le cytosquelette que nous décelons dans d'autres spermies n'entre jamais en rapport avec le centrosome; cette constatation rend difficilement acceptable l'opinion de Koltzoff. Par contre, on ne peut nier la ressemblance qu'affecte cette fibrille avec le flagelle antérieur et interne du gamète mâle des Grégarines (*Stylocephalus*, Léger).

Chez les Gastéropodes prosobranches, le filament est intranucléaire.

(¹) Séance du 20 septembre 1927.

Retzius, Stéphan (1902), Perroncito (1910), Schitz (1916-20), Hyman (1923) l'ont coloré et correctement représenté. Nous l'avons observé dans les spermatozoïdes typiques des espèces que nous avons étudiées (*Pisania maculosa*, *Murex brandaris*, *Vivipara vivipara*, *Patella cærulea*, *Zyziphinus striatus*). Dans les spermies vivantes, il est visible et paraît jouir d'une certaine contractilité. Nous avons assisté à sa genèse chez *Pisania maculosa*. La jeune spermatide le montre émanant directement du centriole proximal (le centriole distal engendrant le flagelle). Il refoule devant lui la membrane nucléaire qui s'invagine pour former un fin canalicule. Bientôt, toujours contenu dans son canalicule, il traverse le noyau de part en part et vient saillir dans le plasma où il se termine par un petit bouton en olive que recouvre la substance acrosomique. Plus long que le noyau, il décrit des spires en plus ou moins grand nombre; à la fin de la spermiogenèse le canalicule n'est plus visible. Le filament chromatique n'a aucun lien génétique avec l'appareil de Golgi. Certaines de nos images le démontrent clairement; les dictyocomes sont déjà réunis en amas au pôle opposé à celui des centrioles alors que le spirostyle n'atteint même pas le centre de la sphère nucléaire.

En étudiant la spermiogenèse de divers Batraciens (Crapaud, Alyte, Bombinator, Tritons), nous avons reconnu l'origine centriolaire du bâtonnet axial qui, en avant, sort du noyau et se prolonge dans l'acrosome. Dans un Mémoire détaillé nous montrerons que du centrosome proximal peuvent dériver d'autres organites (cas de l'Alyte). Contrairement à l'opinion de Champy, l'appareil de Golgi, que cet auteur assimile à la cytosphère, ne participe pas directement à la formation du bâtonnet axial.

Les spermies des Oiseaux contiennent un filament chromatique très net, bien vu par Retzius (1909). Nous l'avons retrouvé chez le Coq et le Pigeon. Son origine centriolaire nous a paru indubitable. Le curieux spermatozoïde des Passeriformes possède, lui aussi, un bâtonnet axial intranucléaire qui se prolonge dans l'acrosome. Le testicule du Chardonneret nous a fourni un matériel excellent. Ici l'acrosome, qui se colore intensément et électivement par le vert lumière, atteint une taille exceptionnellement grande. La portion extranucléaire du filament chromatique se comporte comme le flagelle bordant d'une membrane ondulante et semble provoquer la torsion de l'énorme capuchon céphalique.

Des divers cas étudiés il ressort que le filament chromatique paraît être un dérivé centriolaire à peu près constant. Nous ne le confondons pas avec le cytosquelette. Ainsi chez la Paludine, la fibrille spirale de la spermie

typique (imprégnée par Perroncito) n'a rien de commun avec les épaississements de la pellicule cytoplasmique que décrit Koltzoff. Nous avons vu avec netteté ces différenciations dans le spermatozoïde de *Pisania;* elles correspondent, croyons-nous, aux « chromosomes » en ligne que signale Hyman chez *Fasciolaria*.

Nos travaux laissent encore dans l'ombre des points importants. Par exemple nous ne nous prononçons pas sur la nature de l'appareil spiral des spermatozoïdes des Sélaciens. Il est vrai que Champy (1923) reconnaît cet appareil identique à celui des Batraciens, mais plus distinct et plus tordu.

Hyman, qui a décrit la formation du filament chromatique chez le Prosobranche *Fasciolaria tulipa*, a eu le tort d'y faire intervenir les mitochondries. Par les techniques appropriées, que n'utilise d'ailleurs pas Hyman, nous avons vu que les mitochondries qui confluent en chondriosphères ne jouent aucun rôle dans la genèse du spirostyle, ni du cytosquelette comme le suggère Bowen (1924).

Nous jugeons rationnel de comparer cet organite aux fibrilles qu'engendre le centrosome ou le blépharoplaste (qui en dérive) des Flagellés (parastyle des *Chilomastix*, axostyle filiforme des *Monocercomonas*). Si l'on ne redoutait pas de s'aventurer sur le dangereux et hypothétique terrain de la phylogenèse, ne pourrait-on pas reconnaître dans le filament chromatique des spermatozoïdes le flagelle antérieur, devenu intraplasmatique, des Bodonidés ancestraux?

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de la yohimbine sur l'action intestinale de l'adrénaline et de l'ouabaïne.* Note [1] de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

Loewy et Rosenberg [2] ont montré, dès 1915, que, tant *in vitro* qu'*in vivo*, l'activité intestinale est excitée par les petites doses de yohimbine, paralysée par les fortes doses.

Quelques années plus tard, Langecker [3] a signalé que la yohimbine diminue l'action de l'acétylcholine sur l'intestin isolé, si l'on fait agir ces deux substances en même temps.

---

(1) Séance du 22 août 1927.

(2) Loewy u. Rosenberg, *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, 78, 1915, p. 108-121.

(3) H. Langecker, *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, **118**, 1926, p. 89.

Enfin, paraissant ignorer la littérature antérieure du sujet, Weger (1) a récemment affirmé que les doses faibles de yohimbine n'ont pas d'action sur l'intestin isolé mais que les doses fortes diminuent le tonus et l'amplitude des contractions intestinales. En outre, d'après cet auteur, la yohimbine à dose élevée affaiblirait les effets moteurs de la pilocarpine, de l'acétylcholine, de l'arécoline et du chlorure de baryum. De plus l'action inhibitrice de l'adrénaline serait diminuée par les doses moyennes de yohimbine, prolongée et même renforcée par les doses fortes.

Que la yohimbine puisse, suivant les doses, agir comme antagoniste ou comme synergique de l'adrénaline, c'est un paradoxe que Weger n'a pas tenté d'interpréter. Pour nous ce paradoxe n'est qu'apparent et démontre seulement que la méthode de l'intestin isolé est impropre à l'étude de l'antagonisme des substances médicamenteuses. On ne peut en effet tirer aucune conclusion de l'action simultanée de l'adrénaline et des doses fortes de yohimbine puisque ces dernières ont une action inhibitrice intestinale propre. L'étude de l'influence de la yohimbine sur l'action inhibitrice intestinale présente cependant un grand intérêt, car Dale (2) a affirmé que l'ergot qui, comme la yohimbine, inverse les effets moteurs de l'adrénaline, ne peut modifier les effets inhibiteurs de cette amine. Cette affirmation a été il est vrai, récemment contredite par un élève de Straub (3) et par Rothlin (4) qui ont montré que le plus actif des alcaloïdes de l'ergot, l'ergotamine peut abolir l'effet inhibiteur de l'adrénaline sur l'intestin isolé.

Pour étudier l'action intestinale de la yohimbine, nous avons enregistré les contractions de l'intestin *in situ* du chien chloralosé au moyen d'un petit ballon de caoutchouc introduit dans le lumen du jéjunum. Cette méthode, que les auteurs anglo-saxons attribuent à Bayliss et Starling (5) quoiqu'elle ait été employée antérieurement par Courtade et Guyon (6), nous a permis de faire les observations suivantes :

1° L'amplitude des contractions intestinales est augmentée par les doses faibles de yohimbine ($\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ mg/kg), diminuée ou parfois augmentée par les doses moyennes (2 mg/kg), toujours diminuée par les doses fortes (4 mg/kg).

2° A des doses qui varient chez chaque chien (de $\frac{3}{4}$ mg à 6 mg/kg), non

(1) P. Weger, *C. R. Soc. Biologie*, 96, 1927, p. 797-799.
(2) H.-H. Dale, *Journ. of Physiology*, 34, 1906, p. 177-179.
(3) J. Planelles, *Arch. f. exp. Path. u. Pharmak*, 105, 1925, p. 38-42.
(4) Rothlin, *Klinische Wochenschrift*, 4, 1925, p. 1437-1443.
(5) Bayliss et Starling, *Journ. of Physiology*, 20, 1899, p. 99 et suiv.
(6) D. Courtade et J.-F. Guyon, *Arch. Phys. norm. path.*, 5e sér., 9, 1897, p. 425-426.

seulement la yohimbine supprime et même inverse l'action inhibitrice intestinale des doses faibles d'adrénaline ($\frac{5}{100}$ mg), mais encore elle diminue plus ou moins celle des doses élevées de cette amine (1^{mg}). Il convient de noter qu'il faut plus de yohimbine pour abolir l'action inhibitrice intestinale des doses faibles d'adrénaline ($\frac{5}{100}$ mg) que pour inverser leur action hypertensive, de telle sorte qu'une dose peu élevée d'adrénaline peut provoquer en même temps de l'hypotension et de l'inhibition des contractions intestinales. En outre, par l'administration d'une quantité suffisante de yohimbine, on peut inverser complètement les effets hypertenseurs des doses fortes d'adrénaline (1^{mg}) mais on ne peut que diminuer plus ou moins fortement leur action inhibitrice intestinale.

Si l'on tient pour acquis qu'après administration d'une quantité minime d'ergotamine, les doses faibles d'adrénaline perdent leur action vasoconstrictrice rénale mais conservent leur pouvoir hypertenseur, on doit admettre que, semblablement à l'atropine qui paralyse à des doses inégales les diverses terminaisons du système nerveux parasympathique ([1]), l'ergotamine et la yohimbine n'exercent leur action paralysante sur les différents groupes de terminaisons du système nerveux sympathique qu'à des doses particulières pour chacun de ces groupes.

3° Chez l'animal qui a reçu assez de yohimbine pour inverser l'action hypertensive des doses faibles ($\frac{5}{10}$ mg) et fortes (1^{mg}) d'adrénaline et pour abolir les effets inhibiteurs intestinaux des doses faibles de cette amine, l'ouabaïne à dose élevée ($1^{mg},50$ pour un chien de 15^{kg}) augmente le tonus et l'amplitude des contractions intestinales. Or, chez l'animal non yohimbiné, une même dose d'ouabaïne ($1^{mg},50$ chez un chien de 14^{kg}) provoque la diminution du tonus et l'inhibition des contractions intestinales ([2]), inhibition qui cesse cependant dès que le cœur s'arrête. Ainsi donc les doses fortes d'ouabaïne qui inhibent les contractions intestinales du chien vivant non yohimbiné, n'ont plus cette action chez l'animal yohimbiné et chez celui qui vient de mourir (contractions postmortelles de Braam-Houckgeest). Il en est de même de l'adrénaline qui, tout au moins aux doses faibles, n'a plus d'action inhibitrice intestinale chez le chien

---

([1]) V.-E. Henderson, *The Journ. of Pharmacology*, **21**, 1923, p. 99-102.

([2]) Inoue (*Acta Scholæ Med. Univ. in Kioto*, **5**, 1922, p. 175-202) et J. Kolda (*Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmak.*, **119**, 1927, p. 165-192) ont montré que sur l'intestin isolé la strophanthine a à faible dose une action excitante, à forte dose une action paralysante et contracturante (paralysie en diastole de Kolda) analogue à celle que nous avons récemment constatée avec l'uzarine et le panzaron.

yohimbiné et chez le lapin qui vient de mourir (¹). Nous ne pensons pas cependant qu'il faille voir là la manifestation d'une action sympathomimétique des glycosides digitaliques, car l'activité physiologique de ces corps diffère beaucoup de celle de l'adrénaline. C'est ainsi notamment que, contrairement à celle de l'adrénaline, l'hypertension provoquée par les glycosides digitaliques n'est inversée ni par la yohimbine ni par l'ergotamine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dosage du chlore et du sodium dans les laits de quelques femelles de mammifères.* Note (²) de MM. **L. Barthe** et **E. Dufilho**, présentée par M. A. Desgrez.

Après les dosages de chlore et de sodium, dans le lait de vache et dans les eaux minérales, qui nous ont donné des résultats nouveaux et intéressants (³), nous avons porté nos recherches sur les dosages des mêmes éléments dans différents laits de femelles de mammifères, qui ont été prélevés en présence de l'un de nous.

Les dosages de chlore ont été effectués par la méthode Laudat-Denigès; ceux de sodium par la méthode Streng-Blanchetière, modifiée par nous.

I. *Laits de femmes :*

Période de lactation.	Cl dosé.	NaCl déduit du Cl dosé.	Na dosé.	NaCl déduit du Na dosé.
6ᵉ jour	1,162	1,914	?	?
10ᵉ jour	1,11	1,828	?	?
12ᵉ jour	1,349	2,222	?	?
16ᵉ jour	0,533	0,878	?	?
1 mois 1/2	0,568	0,936	0,04	0,101
2 mois 1/2	0,710	1,169	0,09	0,229
5 mois	0,781	1,286	0,115	0,293
9 mois	0,923	1,520	0,154	0,391

II. *Laits de juments* (analyses du 26 mai 1927). — Ces laits provenaient de la jumenterie Mimosa, à Bègles (Gironde), appartenant à M. A. Roudel auquel nous sommes heureux d'adresser nos remerciements. Les juments

(¹) F. Warmörs, *Archives internat. de Pharmacodynamie*, 30, 1925, p. 133-139.
(²) Séance du 17 août 1927.
(³) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1470, et *Bull. Soc. Pharmacie de Bordeaux*, 3, 1926, p. 162 et suiv., p. 218.

sont soumises au régime du vert, à la prairie, mais reçoivent en plus, chacune et chaque jour, deux kilos d'une provende composée de tourteaux d'arachides, de caroubes, de recoupes de fèves.

	Date de naissance.	Mise bas.	C par litre.	Na (par litre) dosé sur 40cm³ de lait.
Urticaire........	1920	24 mai	1,207	traces
Bryone..........	1923	10 mai	0,710	traces
Maltine.........	1912	7 mai	0,639	fortes traces
Résorcine.......	1917	18 avril	0,568	fortes traces
Peptone.........	1915	3 avril	0,568	néant
Morelle.........	1912	15 mars	0,639	néant

Pour confirmer les résultats négatifs en sodium dans le lait de jument, nous avons réuni les différents échantillons des laits précédents (soit un volume de 150^{cm^3}); nous avons évaporé le mélange, dont le résidu a été ensuite incinéré. Dans la solution chlorhydrique, après déphosphatation, le réactif Streng-Blanchetière ne nous a pas donné de précipité pondérable.

Il y a donc moins de $0^g,006$ de sodium, par litre, dans le lait de jument.

III. *Laits de vaches.* — Nous avons vu que, dans un troupeau de vaches hollandaises, la moyenne du sodium a été de $0^g,345$ par litre et que, dans un troupeau de vaches bordelaises, elle était de $0^g,445$ par litre.

Le chiffre normal du sodium, dans le lait de vache, ne dépasse jamais $0^g,50$ par litre.

Ces différents résultats nous autorisent à conclure :

Pour le lait de femme, que dans ce lait, comme dans celui de jument, la proportion de Cl est supérieure à celle du Na, et aussi à la quantité de chlorure de sodium déduite de celle du Na dosé directement.

Par conséquent, dans le lait de femme, le chlore est compté à tort en NaCl : il est donc combiné à d'autres éléments, probablement au calcium, très abondant dans les laits de femme et de jument.

En période colostrale, le Cl dépasse la proportion de 1^g par litre, pour se fixer ensuite aux environs de $0^g,60$ à $0^g,70$.

Le sodium n'est pondérable dans le lait qu'à partir du 45ᵉ jour environ.

Le Cl augmente avec le Na, quand augmente la période de lactation.

Il semble donc que le Na ne soit pas utile à l'organisme du nouveau-né.

Pour le lait de jument, que dans la période colostrale le chlore se trouve aussi dans une proportion supérieure à $1^g,0$, pour se fixer ensuite également aux environs de $0^g,50$ à $0^g,70$ par litre.

Il n'y a que des traces de Na à toutes les périodes de lactation.

Ces différents résultats rapprochent très sensiblement les laits de femme et de jument, mais les différencient du lait de vache. Ils conduisent à des considérations physiologiques importantes et démontrent, enfin, que c'est à tort que jusqu'ici le chlore dosé dans les différents milieux qui le contiennent a été exprimé en chlorure de sodium.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le noyau phosphoré de l'ovovitelline.* Note de MM. **Swigel** et **Théodore Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

Pour minéraliser complètement le phosphore des ovotyrines α, β_1 et β_2 décrites dans une Note précédente [1], — l'ovotyrine γ formée en petite quantité n'a pas encore été étudiée — il est nécessaire de les chauffer à l'ébullition, durant 20 heures, avec dix volumes d'acide chlorhydrique à 25 pour 100 ou sulfurique à 35 pour 100.

La répartition de l'azote basique dans le liquide d'hydrolyse est exprimée par le tableau suivant :

		N ammoniacal		N diaminé	
Ovotyrine.	Formules brutes.	en p. 100 de N total.	en atomes de N.	en p. 100 de N total.	en atomes de N.
α.........	$C^{21}H^{43}N^{7}O^{24}P^{4}$	23,0	1,61	38,8	2,72
β_1.........	$C^{24}H^{48}N^{8}O^{26}P^{4}$	19,5	1,56	34,7	2,77
β_2.........	$C^{24}H^{48}N^{8}O^{26}P^{4}Fe^{23}$	20,5	1,64	34,6	2,77

où les chiffres indiqués pour l'azote diaminé péchent par défaut à cause de la solubilité des phosphotungstates dans le milieu de précipitation.

Les proportions atomiques des deux formes d'azote sont sensiblement les mêmes pour les trois ovotyrines, ce qui montre l'analogie de leur constitution; d'ailleurs, ces polypeptides donnent des produits d'hydrolyse de même nature : acides phosphorique et pyruvique; ammoniaque, arginine, histidine et lysine en rapport équimoléculaire; *l*-sérine en quantité considérable. On n'a pu déceler aucun autre acide aminé ou oxyaminé.

On voit que la constitution des ovotyrines n'est pas aussi simple que le font supposer les formules du tableau. La présence des trois bases hexoniques contenant au total 9^{at} d'azote n'est explicable que si l'on triple

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 909.

ces formules; nous attribuons ainsi aux ovotyrines 12^{mol} d'acide phosphorique pour resp. 21^{at} et 24^{at} d'azote.

Dans un essai quantitatif, on a isolé, d'une molécule d'ovotyrine β_1 $C^{72}H^{144}N^{24}O^{78}P^{12}$, environ :

12^{mol} d'acide phosphorique,
1^{mol},6 d'acide pyruvique,
4^{mol},9 d'ammoniaque,
0^{mol},62 d'arginine,
0^{mol},70 d'histidine,
0^{mol},75 de lysine,
7^{mol},9 de *l*-sérine (près de 28 pour 100 du polypeptide mis en œuvre) (1).

C'est pour la première fois, à notre connaissance, que la sérine active est isolée, par cristallisation directe, des produits d'hydrolyse d'un protide; recristallisée dans l'eau, elle se présente sous forme de grandes tablettes hexagonales, transparentes, contenant (ce qui n'a pas été signalé) 1^{mol} d'eau de cristallisation et assez efflorescentes au-dessus de 20°. $\alpha_D^{22} = -6°,67$.

L'ammoniaque, dans notre cas, ne provient pas, comme on l'admet communément, de l'hydrolyse de groupements amidés; sa quantité, en effet, augmente régulièrement avec la durée de la chauffe et la concentration de l'acide. En outre son apparition est toujours accompagnée de celle de l'acide pyruvique, ce qui plaide en faveur de leur formation simultanée par désamination de la *l*-sérine (2).

Il est vrai que l'acide pyruvique, dosé comme phénylhydrazone dans l'extrait éthéré du liquide d'hydrolyse, ne correspond qu'à un tiers de l'ammoniaque; mais l'acide cétonique s'altère lui-même sous l'action des acides minéraux bouillants. Ainsi, nous n'avons retrouvé, par la même méthode de dosage, que 30 pour 100 environ d'une quantité donnée d'acide pyruvique, chauffée 20 heures avec de l'acide chlorhydrique à 25 pour 100.

Ajoutées aux 7^{mol},9 de sérine cristallisée, les 4^{mol},9 correspondant à

---

(1) Les auteurs qui se sont occupés de l'ovovitelline, ne mentionnent pas la sérine parmi ses produits d'hydrolyse. Comp. Abderhalden et Hunter, *Zeitsch. f. physiol. Chem.*, 48, 1906, p. 505. — Osborne et Jones, *Amer. Journ. of Physiol.*, 24, 1906, p. 173. — Levene et Alsberg, *Journ. biolog. Chem.*, 2, 1906, p. 217. — Hugounenq (*Bull. Soc. chim. de France*, 3e série, 35, 1906, p. 20) parle d'une petite quantité de sérine qui « paraît » accompagner les autres acides aminés.

(2) Comp. S. Posternak, *Sur le noyau phosphoré de la caséine* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 306).

l'ammoniaque, conduisent à un total de $12^{mol},8$ de sérine, quantité largement suffisante pour éthérifier les 12^{mol} d'acide phosphorique des ovotyrines.

Une hydrolyse de 10 heures, par l'acide sulfurique à 15 pour 100, sépare de l'ovotyrine β_1 la majeure partie des bases hexoniques, et seulement 39 pour 100 de l'acide phosphorique. Nous avons pu isoler, par précipitation fractionnée au moyen de l'alcool, les sels de baryte de polypeptides dégradés dont le rapport atomique $\frac{N}{P}$ variait de 1,1 à 1,3 et qui, à l'hydrolyse, ne donnaient, à côté d'acide phosphorique, que de la *l*-sérine et ses produits d'altération : acide pyruvique et ammoniaque.

Les résultats exposés ne permettent pas d'exprimer, par une équation, l'hydrolyse complète de nos polypeptides. Il semble, à en juger d'après leur composition centésimale, que les ovotyrines contiennent encore un acide dépourvu d'azote que nous n'avons pas d'ailleurs réussi à déceler. Il n'en est pas moins certain que le noyau phosphoré de l'ovovitelline, de même que celui de la caséine de lait, est formé par l'enchaînement d'un certain nombre d'acides sérine-phosphoriques.

Ces recherches font ressortir l'importance du rôle physiologique de l'acide sérine-phosphorique qui, élaboré continuellement en grande quantité par l'organisme maternel en vue de la nutrition de l'embryon et du jeûne, représente sans doute un stade essentiel du métabolisme phosphoré. Dans les spéculations relatives à l'origine et à l'évolution des divers composés phospho-organiques naturels, il serait impossible dorénavant de ne pas en tenir compte.

HYGIÈNE. — *Diffusion atmosphérique des fumées de Paris.*
Note de M. **Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

L'assainissement de l'air des villes sous la menace de sa pollution par les fumées (foyers industriels ou domestiques, gaz d'échappement des automobiles) doit préoccuper l'hygiéniste. Cette pollution se traduit soit par des poussières, soit par des produits gazeux de combustion. L'influence des poussières a été récemment déterminée par MM. d'Arsonval et Bordas [1].

---

[1] D'Arsonval et Bordas, *Détermination du degré de souillure de l'atmosphère* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 823).

La pollution de l'air atmosphérique par les gaz fait, d'autre part, actuellement l'objet de nouvelles recherches.

Toutefois les résultats des analyses d'air prélevé périodiquement en différents points de la Capitale, par le Laboratoire d'Hygiène, depuis plus d'un demi-siècle, paraissent plutôt rassurants en général. Il n'y aurait guère d'augmentation d'acide carbonique, qui resterait toujours compris entre 30 et 45 cent-millièmes. Quant à l'oxyde de carbone atmosphérique dont Armand Gautier, en 1876, trouvait à Paris un maximum d'environ 1 cent-millième (1, 2), il n'apparaîtrait, même actuellement, que par moments dans les espaces peu ventilés, et encore en proportions ne dépassant guère 5 ou 6 cent-millièmes.

Mais il est bien difficile de déterminer ce qu'est la composition moyenne de l'air d'une grande ville, en raison surtout de la fréquence et de la variation incessante des mouvements ou des courants atmosphériques urbains. Les prélèvements, aussi multipliés qu'ils soient, ne suffisent pas toujours pour donner une idée générale du degré de pollution de l'air.

J'ai cherché à compléter les données du problème par des sondages simultanés de l'atmosphère en un seul et même point convenablement choisi, de manière à délimiter en quelque sorte la « voûte » des fumées.

La Tour Eiffel convenait particulièrement bien, par son emplacement, sa hauteur, et la possibilité d'y effectuer simultanément des prélèvements d'air à différents niveaux d'un même plan vertical. Avec le concours de MM. le Dr Bertillon, écrivain scientifique, Mare, directeur de la Tour, Cléro, inspecteur des automobiles de la Seine, Billaz, celui de M. Ramel et d'autres collaborateurs, j'ai pu, le 15 juin dernier, effectuer exactement au même instant ($10^h 47^m$) la première série de prélèvements dans le plan vertical médian N-E de la Tour aux niveaux suivants :

	m
1° Jardin du Champ-de-Mars (face N-E) niveau	0
2° Premier étage	57
3° Deuxième étage	115
4° Petite plate-forme supérieure à 12^m du sommet	288

Dans ces conditions, les flacons servant aux prélèvements se trouvaient orientés vers le centre de Paris d'où soufflait un vent léger favorable aux observations, par temps brumeux et ciel bas.

Détails. — Je me suis servi de mes flacons habituels, à capacité de 4^l, munis d'un bouchage à émeri, bitubulé à robinets, rigoureusement secs et barométriquement

vides. Ces flacons ont été répartis par couples aux quatre postes de prélèvements ci-dessus indiqués. Chaque couple de flacons reliés l'un à l'autre par les tubulures jointes bout à bout sous un court tuyau de caoutchouc, communiquait avec l'extérieur au moyen de tubes de verre secs dépassant les balustrades. A chaque poste veillaient un opérateur et un observateur. Le vide des flacons étant dûment vérifié, le signal pour l'ouverture des robinets d'aspiration fut donné au bout de la rue de l'Université, à $10^h 47^m$, et tous les prélèvements furent opérés exactement à ce moment.

Pour les dosages d'acide carbonique, j'ai suivi mon procédé habituel (à la baryte) mais spécialement adapté et vérifié. Pour la recherche de l'oxyde de carbone, le procédé au sang [1].

Niveau.	H.	*t*.	*e*.	Vent.	CO^2. (cent-millièmes)	CO. (cent-millièmes)
			Résultats I.			
		Tour Eiffel, 15 *juin* 1927 (plan vertical médian N-E, vent N-E $10^h 47^m$).				
sol	761	18°	0.72	N-E faible	31	0,0
57^m.....		16°	»	»	31	0,5
115^m.....		15°,5	»	vif	31	1,0
288^m.....		14°	»	vif	37,5	0,0
			Résultats II.			
		Tour Eiffel, 25 *juillet* 1927 (plan vertical médian N-E, vent Ouest $10^h 10^m$).				
sol	762	16°	0,80	Ouest faible	22,5	0,0
288^m.....		14°	0,80	Ouest vif	30	traces

Conclusions. — Ces expériences démontrent que l'air de Paris, dans les jardins du Champ-de-Mars, peut être qualifié de très pur; que contrairement à ce que l'on pourrait croire, cet air n'est pas plus chargé de fumées au voisinage du sol que dans les parties élevées. Au contraire, il semble bien que la viciation générale de l'atmosphère augmente avec le niveau, soit par apparition dans les couches supérieures de petites quantités d'oxyde de carbone, soit par l'augmentation très nette de l'acide carbonique (à 288^m).

En valeur absolue, les chiffres relevés n'indiquent cependant, pour l'ensemble de l'aglomération parisienne, au point de vue chimique, qu'une viciation très faible; mais ils montrent qu'on ne trouverait guère, dans les régions les plus élevées de la Ville, un air plus pur que dans certaines parties basses, et qu'il existe une « voûte de fumées » encore saisissable à 300^m.

(1) Les détails seront donnés dans un Mémoire où seront décrites aussi d'autres recherches effectuées sur place.

On peut enfin tirer de ces premières expériences, pour l'hygiène des cités, la conclusion qu'il convient de multiplier les espaces libres et les squares et d'éviter la construction des gratte-ciels au sommet desquels, d'ailleurs, l'air n'aurait pas plus de garantie de pureté qu'au voisinage du sol.

PHYSIO-PATHOLOGIE. — *Origine parasitaire du cancer.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Depuis l'ouverture de notre pli cacheté du 5 février 1923 ([1]), *l'origine parasitaire du cancer se précise de plus en plus*. Voici quelques données :

1° *Effets visibles d'une toxine.* — D'abord nous avons montré que la tumeur révèle la présence d'une *toxine* par des effets de coagulation cytoplasmique, et des effets d'oxydation décroissante qui ralentit les combustions et tend à l'asphyxie des cellules frappées. Ce fait capital a été confirmé en 1925 par Otto Warburg.

Toute toxine par microbes ou parasites se comporte semblablement.

2° *Tumeurs et facteurs asphyxiques.* — On s'est assuré, d'autre part, que la fréquence des tumeurs augmente dans les régions où l'oxygène est rare par suite de dégagements de gaz carbonique, de solfatares, fumerolles, partout, déclare Stélys ([2]), où règne une atmosphère asphyxique ([3]). La généralité du phénomène dans le monde vivant doit retenir l'attention.

3° *Présence de parasites cancérogènes.* — Des parasites, champignons, sporozoaires, analogues à ceux que nous avons nous-même signalés (*loc. cit.*); des microbes agissant symbiotiquement, *type microbe-bactériophage* de d'Hérelle ([4]); des nématodes, décelés par Borrel ([5]), tous font présumer une cause parasitaire s'exerçant par l'agent vivant ou sa toxine.

4° *Preuve analogique.* — Enfin les expériences de Smith, Magrou, Rikker, sur les *tumeurs végétales*, ont démontré l'action du *Bacterium tumefaciens* et de sa sécrétion, action que favorise l'asphyxie de la plante.

On se rapproche donc, en remontant des effets à la cause, d'une origine

---

([1]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1033.

([2]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1281.

([3]) Voir aussi Glangeard, *ibid.*, p. 1299; Lakhowski, *Contribution à l'étiologie du cancer*, 1927.

([4]) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 227 et 513.

([5]) *Ibid.*, **184**, 1927, p. 632.

parasitaire. Warburg dit qu'il s'agit d'une *cause externe*, mais observe une prudence dépourvue de logique : car, il constate bien *le caractère local* de l'asphyxie cellulaire, et ne soupçonne guère que cette localisation trahit l'introduction d'une toxine; il ne prouve pas, comme nous, et chacun depuis l'a vérifié, que la *caryocinèse désordonnée et la prolifération résultent de la défense cellulaire* (1), d'une « réaction » (d'Hérelle).

Conclusion. — Cet ensemble de faits fortifie la *théorie parasitaire* du cancer, jusqu'ici dédaignée. Nous espérons pouvoir expliquer bientôt pourquoi la cause demeure *discrète* alors que ses manifestations sont on ne peut plus frappantes.

MICROBIOLOGIE. — *Action du chlore libre sur les microbes.* Note (2) de MM. **F. Dienert** et **P. Etrillard**, présentée par M. Roux.

Depuis longtemps, on sait que le chlore libre, les hypochlorites, sont des antiseptiques pour les microbes. Les doses de chlore libre pour tuer les germes varient avec les espèces.

Voici, en opérant sur des suspensions microbiennes dans l'eau et à raison de 10^6 germes au centimètre cube, provenant d'une culture sur gélose peptonée, les quantités de chlore nécessaires pour stériliser 1^{cm^3} de cette dilution microbienne selon les espèces expérimentées :

	Milligrammes de chlore libre par litre
B. coli	0,1
B. d'Eberth	0,1
B. Flexner	0,18
B. Shiga	0,15
Entérocoque	0,25
S. cerevisiæ	0,30
B. subtilis	1
Amibes	1,0
Bactériophage	8

On trouve dans les eaux superficielles des germes qui résistent à plus de 3^{mg} de chlore par litre.

(1) Jules Amar, *Organisation et Hygiène sociales*, p. 562 (Dunod, 1927).

(2) Séance du 20 septembre 1927.

Grâce à ces différences dans la résistance des divers germes à l'action du chlore libre, nous avons pu très facilement et rapidement purifier une levure contaminée par un microbe, sensible à la dose de $0^{mg}1$ de chlore libre, dont nous n'avions pu nous défaire par des isolements sur gélatine.

Mais si, de cette dilution microbienne à 10^6 germes au centimètre cube, on ensemence non plus 1^{cm^3} mais 100^{cm^3}, on rencontre des germes qui sont plus résistants et il faut souvent pour certaines espèces quadrupler et quintupler les doses de chlore indiquées dans le tableau ci-dessus pour les détruire complètement.

La matière organique dissoute dans l'eau favorise la résistance des microbes à l'action stérilisante du chlore. D'autre part un germe provenant directement d'un milieu de culture est plus résistant à cet antiseptique que s'il est resté séjournant préalablement dans l'eau pendant plusieurs heures.

En agitant énergiquement la dilution microbienne, on facilite son mélange avec le chlore, mais l'agitation, comme l'obscurité, n'ont pas un effet spécifique sur la puissance stérilisante du chlore.

Comment le chlore agit-il sur les microbes? — Deux théories sont en présence : la théorie de Barker, qui admet une combinaison du chlore avec la membrane lipo-protéidique du microbe; la théorie de Bunau-Varilla et Teschoueyres qui attribue à certaines radiations l'action stérilisante du chlore.

La théorie de Barker explique les résultats trouvés dans l'action antiseptique du chlore libre : influence retardatrice de la matière organique, action de doses inégales de chlore suivant les microbes due à la formation de combinaisons différentes selon la constitution de la membrane et dont le caractère antiseptique est également variable. On peut même admettre, dans certains cas, pour les bactéries résistant aux fortes doses, une action oxydante combinée à une action chlorurante car on sait que le chlore dans l'eau donne naissance à de l'oxygène et ce dégagement gazeux est d'autant plus grand que la concentration du stérilisant est plus élevée.

MM. Bunau-Varilla et Teschoueyres ont cherché à appuyer leur théorie physique en faisant agir de l'eau javellisée sur une suspension microbienne introduite dans des tubes de quartz très fins plongeant dans cette eau. Ils ont obtenu une diminution des germes de 29 pour 100 et même jusqu'à 50 pour 100 à l'obscurité. Malheureusement nos expériences personnelles ne confirment pas ces résultats. Nous avons opéré de la façon suivante :

La dilution microbienne est introduite dans des tubes de quartz de 3mm de diamètre et de 150mm de longueur fermés à un bout. On ferme avec un bouchon de caoutchouc et l'on plonge plusieurs tubes bien séparés dans une conserve contenant soit l'eau javellisée soit l'eau non javellisée. Le tout est placé à la température constante de 9° et à l'obscurité. L'ensemencement pour numération se fait après 24 heures dans la gélatine à 25°. On a soin d'agiter fortement, dans chaque tube de quartz, le fond du liquide afin de remettre en suspension les germes qui s'y sont déposés.

Afin d'amplifier l'action abiotique des radiations, nous avons renouvelé l'eau javellisée dans les conserves plusieurs fois en 24 heures. Il est évident, en effet, que l'énergie de ces radiations est plus élevée au moment où l'on introduit l'hypochlorite dans l'eau.

Toujours dans le même but, nous avons remplacé l'eau javellisée par un de ces mélanges (urée 1 pour 100 + hypochlorite 1 pour 100) que M. Mallet signalait dernièrement comme émettant des radiations et comme donnant pendant deux minutes une lueur blanche à l'œil nu en présence d'esculine.

Quelle que soit notre façon de procéder, le résultat est toujours négatif.

Au cours d'essais en 1920-1922, nous avons reconnu que la stérilisation des suspensions microbiennes dans l'eau par les rayons ultraviolets était obtenue quand on pouvait, dans les mêmes conditions, impressionner un papier filtre imprégné de nitrate mercureux à 0,5 pour 100 Or, dans les expériences relatées ci-dessus, le papier au nitrate mercureux n'était pas altéré ce qui confirme nos résultats négatifs.

D'après la théorie Bunau-Varilla-Teschoueyres, les matières organiques, l'urée, traitées par l'hypochlorite, émettraient des radiations abiotiques qui favoriseraient la stérilisation. Nous n'avons pas rencontré ces radiations dans nos expériences.

Aussi conclurons-nous en disant que, actuellement, seule la théorie chimique (chloruration et oxydation de la matière constituant les microbes) explique l'action stérilisante du chlore libre.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 17 août 1927.)

Note de M. *Akimoff*, Transcendantes de Fourier-Bessel à plusieurs variables :

Page 409, ligne 16, *au lieu de* $(k=0, 1, 2, \ldots, n)$, *lire* $(k=0, 1, 2, \ldots)$; page 410, ligne 10, *au lieu de* $k=nr$, *lire* $k>nr$; page 411, ligne 5, *au lieu de* $\frac{F}{2n}(2p-1)$, *lire* $\frac{\pi}{2n}(2p-1)$; page 411, ligne 21, *au lieu de* $[x_1, x_2, \ldots, (-1)^{n-1}x_n]$, *lire* $[x_1, -x_2, \ldots, (-1)^{n-1}x_n]$.

Note de MM. *Georges Lumet* et *Henri Marcelet*, Sur l'utilisation des huiles d'animaux marins et de poissons dans les moteurs :

Page 420, ligne 18, *au lieu de* supérieure à la chaleur de combustion de l'huile utilisée, *lire* suffisante pour porter l'huile utilisée à sa température d'inflammation.

(Séance du 22 août 1927.)

Note de MM. *F. Gonseth* et *G. Juvet*, Sur l'équation de M. Schrödinger.

Page 448, note (4), *Leçons sur la propagation des ondes, il faut lire* pages 263 et suiv.; pages 449 et 450, *au lieu de* Ψ, *lire* partout ψ; page 449, tableau (1), *au lieu de* Ψ, *lire* ψ^2; page 450, équation (0), *au lieu de* $\frac{\partial\varphi}{\partial x_i}$, *lire* $\frac{\partial\psi}{\partial x_i}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 OCTOBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Konowaloff**, **Garbasso**, **MacMahon**, membres du *Bureau international des Poids et Mesures*, qui assistent à la séance.

MÉCANIQUE. — *Observations de M.* **Mesnager** *sur une Note de M.* T.-J. de Sèze (1).

L'auteur admet que la formule de la Résistance des Matériaux

$$t = \frac{\mathrm{T}m}{\mathrm{I}u} \tag{1}$$

est basée sur deux hypothèses qu'il énonce et dont il dit : « Étant donné que les hypothèses sont certainement fausses, peut-on appliquer la formule (1) avec sécurité dans tous les cas ? » Il conclut que la formule est fausse dans un grand nombre de ces cas.

La conclusion de M. de Sèze est basée sur des hypothèses contraires à celles qui servent à établir correctement la formule.

1° Il n'est pas nécessaire pour établir la formule de supposer l'effort tangentiel parallèle à l'effort tranchant T en chaque élément de la section, mais on doit considérer seulement sa composante parallèle à T sur chaque élément.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 582.

2° t n'est pas la fatigue tangentielle en un point de la section, mais la *projection moyenne*, sur la direction T, des fatigues tangentielles le long de la corde envisagée.

Ainsi comprise la formule est rigoureuse dans le cas du problème fondamental traité par de Saint-Venant (c'est-à-dire dans la plus grande partie des prismes fléchis suffisamment longs).

Ceci rectifié, les comparaisons faites par M. de Sèze, entre les fatigues tangentielles et t, moyenne arithmétique le long d'une corde de leurs projections sur la direction T, restent intéressantes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Loi de distribution des orages magnétiques et de leurs éléments. Conséquences à en tirer sur la constitution du Soleil.* Note de M. **H. Deslandres**.

Deux Notes précédentes, présentées sous le même titre ([1]), exposent les premiers résultats de la dissection de nos orages magnétiques qui sont dus, comme on sait, à un rayonnement corpusculaire émané du Soleil et de charge électrique surtout négative. Tout se passe comme si le Soleil avait sous la surface une couche profonde qui tourne comme un corps solide ; et cette couche quasi solide offre 24 volcans, variables comme les volcans terrestres, et uniformément répartis autour de l'axe de rotation, qui rejettent au dehors la matière électrisée des masses intérieures. Si l'on admet que les particules négatives ou positives de ces volcans ont des vitesses différentes et sont lancées surtout par des corps radioactifs, on explique bien les particularités de nos orages. De plus, le rayonnement corpusculaire de la couche profonde apparaît comme la cause première de tous les phénomènes (taches, facules, polarités magnétiques, etc.) observés sur le Soleil et ses dépendances. Je donne ici quelques détails sur ces dernières conséquences, qui ont été présentées déjà depuis le 31 mai 1926, mais brièvement.

I. Les particules lancées avec des vitesses différentes par un même volcan sont déviées et courbées d'un angle différent par le champ magnétique solaire extérieur d'autant plus que la vitesse est plus faible, les négatives dans un sens contraire à celui de la rotation de l'astre, et les positives dans le sens de la rotation. Le champ est faible, mais la distance à la Terre est grande; les particules se séparent en formant un spectre magnétique; elles

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1313, et **185**, 1927, p. 10 ; voir aussi **182**, 1926, p. 733 et 1031, et **183**, 1926, p. 105 et 493.

arrivent à la Terre successivement et donnent naissance aux pointes successives d'un orage. Or les jets multiples du volcan solaire sont à rapprocher des queues multiples des comètes. En particulier, lorsque la comète s'approche du Soleil et tourne autour de lui dans le sens de sa rotation les jets négatifs du volcan et les queues cométaires sont courbés dans le même sens. Dans les deux cas intervient une même cause qui est la vitesse différente des particules repoussées.

Souvent le Soleil n'offre pas en action un seul volcan, mais plusieurs volcans successifs qui, en passant devant la Terre, lui envoient des particules; d'où la durée grande de certains orages. En particulier, dans le grand orage du 14-15 octobre 1926, la pointe maxima de nos courbes de déclinaison correspond à la longitude solaire de 142°,6 (1); mais elle est précédée et suivie de pointes progressivement plus fortes et plus faibles qui se rapportent à 4 ou même 8 volcans successifs. La région troublée du Soleil occupe ainsi 120° en longitude, et elle est flanquée des deux côtés de régions calmes qui présentent seulement la variation diurne normale. Déjà d'ailleurs, dans les tableaux des deux Notes précédentes, sont indiqués des orages qui sont rattachés à deux ou trois volcans successifs. On explique ainsi facilement la plupart des perturbations et les fortes en particulier. On verra plus loin qu'on est conduit à admettre aussi d'autres centres d'émission moins actifs, non plus fixes comme les précédents mais mobiles, et qui sont les taches et facules de la surface (2).

II. La surface solaire et les premières couches sous-jacentes émettent sans arrêt des corpuscules et par tous leurs points; c'est une émission relativement faible, qui, pour une large part, est d'origine thermique. Mais les essaims les plus forts proviennent des volcans intermittents de la couche profonde. Or les particules rejetées ont, avec tous ces volcans, à peu près les mêmes vitesses, exactement comme si elles étaient émises par des corps radioactifs. De plus les recherches de Mlle Maracineanu à Meudon et Paris ont montré que le rayonnement solaire augmente ou provoque la radioac-

(1) Ou à 135° + 7,6. C'est aussi la longitude des orages antérieurs du 1er septembre 1925, du 11 avril 1918 et du 9 août 1927. D'autre part, les orages des 8 décembre et 8 mars 1918, du 13 août 1917 correspondent aux longitudes 195° + 7,8, 225° + 7,2 et 75° + 7,1, les différences en longitude étant − 60°, − 90° et + 60°. Je donne ces détails pour faire ressortir une fois de plus la loi simple de distribution de ces grands orages.

(2) A noter que, au milieu d'octobre 1926, le Soleil offrait trois beaux groupes bipolaires de taches, dont le rayonnement corpusculaire est aussi à considérer.

tivité dans les corps; l'effet doit être encore plus grand dans le Soleil lui-même. On est presque forcé d'admettre que les volcans solaires rejettent surtout des corps radioactifs, et l'on explique ensuite aisément de nombreux points encore obscurs des taches et protubérances, et, en particulier, des deux taches si fréquentes qui forment un groupe bipolaire.

Le corps radioactif se décompose en donnant naissance à un autre corps, le plus souvent aussi radioactif, et tous ces corps successifs sont caractérisés par leur période propre et par la nature de leur rayonnement spécial (α ou β ou $\beta\gamma$). Lorsque la période est très courte, on a une sorte d'explosion; d'où les commencements soudains de certains orages, et, dans les protubérances éruptives, les noyaux lumineux qui émettent des jets lumineux dans plusieurs directions. Supposons que le volcan rejette deux corps radioactifs qui soient l'un à particules β et l'autre à particules α. Chaque groupe de particules s'élève, alors que son noyau radioactif, de charge électrique opposée, s'abaisse; le champ magnétique général déplace les deux groupes dans des directions opposées. De plus les deux essaims et noyaux forment deux courants parallèles et de sens contraire, qui donc se repoussent. Finalement chaque essaim, qui, en s'élevant, écarte les couches solaires au-dessus de lui, donne naissance à un trou, à une tache, au moins lorsque l'énergie des particules rejetées a atteint un certain niveau ([1]). Les deux taches peuvent naître, se modifier ou disparaître à des moments différents qui varient avec les corps radioactifs rejetés ou formés ultérieurement. Plus tard, lorsque l'émission corpusculaire diminue, les charges électriques opposées des deux noyaux amènent plutôt un rapprochement des deux taches. Enfin, si le volcan rejette un seul corps radioactif, on a une seule tache isolée; et s'il y a plus de deux corps, une tache multiple se forme.

Mais il faut expliquer comment naît le champ magnétique intense reconnu par Hale dans la tache, et aussi pourquoi les deux taches d'un groupe bipolaire ont des polarités magnétiques opposées. Après avoir pensé à la trajectoire hélicoïdale que prennent les corpuscules en traversant la matière, je me suis arrêté à une propriété des corps qui, placés dans un champ magnétique, rayonnent des corpuscules dans toutes les directions. Le corps est supposé d'abord immobile, sans rotation, et j'ai noté en 1911 que la couche gazeuse entourant le corps, et ensuite aussi le corps lui-

---

([1]) Il faut s'attendre à de petites différences dans les spectres des deux sortes de taches. On sait déjà que toutes les taches n'ont pas le même spectre.

même, prennent peu à peu un mouvement de rotation qui va croissant, autour d'un axe parallèle à la direction du champ (¹). Car tous les corpuscules sont courbés dans le même sens par le champ; et leur énergie d'émission est ainsi transformée en énergie de rotation. Cette action du champ a été présentée en 1911 comme susceptible d'expliquer la rotation des corps célestes, et je l'ai invoquée dans les deux Notes précédentes pour expliquer les durées de rotation variables sur les divers parallèles de la surface, et aussi les sautes brusques des taches.

Revenons aux deux corps radioactifs précédents, qui, placés dans la même couche de l'astre et soumis au même champ magnétique, s'éloignent l'un de l'autre. Ceux de leurs corpuscules qui, lancés vers le haut, peuvent s'échapper au dehors, ont été examinés les premiers; les autres corpuscules (ces corps rayonnent dans toutes les directions) sont arrêtés par la matière solaire à des distances variables. Or les deux volumes qui contiennent, l'un les particules β, l'autre les particules α, sont astreints à tourner et dans des sens opposés. Si la couche qui les contient a un champ magnétique notable et une prédominance marquée de charges électriques d'un même signe, il en résulte deux champs magnétiques locaux, intenses et de polarités contraires.

On retrouve ainsi toutes les particularités du groupe bipolaire de deux taches, si bien étudié par Cortie et Hale; l'explication est simple, plus simple que toutes celles présentées jusqu'ici. Il faudrait aussi expliquer pourquoi la polarité de la tache principale change à chaque minimum de tache; mais nous connaissons très peu les couches au-dessous de la surface, et il convient d'attendre. On n'a pas avantage à remplacer un fait obscur par un autre fait également obscur.

Finalement nous avons des idées plus claires et plus nettes sur l'action du Soleil dans le phénomène, sur le rôle précis de ses deux rayonnements, et aussi sur la constitution de l'astre. Le rayonnement ultraviolet et X, et aussi en partie le rayonnement corpusculaire, émanés du disque entier de l'astre, produisent la variation diurne de l'aiguille aimantée. Mais les orages proprement dits proviennent directement ou indirectement des volcans permanents de la couche profonde. Ces volcans rejettent des corps radioactifs, ou peut-être même seulement des corps radioactifs qui dif-

(¹) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1453, et 153, 1911, p. 10. La deuxième Note avait pour titre : *Ionisation des gaz solaires. Relations entre le rayonnement et la rotation des corps célestes.*

fèrent beaucoup par la durée de la vie et par la quantité de matière. Les corps qui ont la vie très courte et courte donnent les orages grands et petits. Les autres, à période plus longue, ont en général une réserve d'énergie plus grande, qui, dépensée lentement, apparaît moins; ils donnent, après un certain temps, les taches et facules, qui se déplacent sur la surface et persistent parfois pendant des mois. Les taches sont ainsi des centres d'émission secondaires; quant aux facules, je les ai présentées déjà comme dues à la diffusion dans les couches solaires de corps radioactifs particulièrement volatils et à rayonnement positif; car les vapeurs au-dessus ont une forte ionisation positive. On comprend pourquoi les orages ne sont pas toujours en accord avec les taches, et comment un orage est possible lorsque le Soleil n'offre près du centre aucune tache ou facule.

GÉODÉSIE. — *Sur les opérations de la Description géométrique détaillée des Alpes françaises* (23ᵉ *campagne*, 1927). Note de M. **Paul Helbronner**.

Ces opérations ont eu pour objet de parfaire, cet été, les triangulations complémentaires destinées à achever sur le terrain le détail du dernier réseau prévu pour la description géométrique des Alpes françaises, réseau déjà presque terminé au cours de la précédente campagne. Elles ont pu être effectuées avant mon départ pour le Congrès international de Géodésie et de Géophysique de Prague où l'Académie avait bien voulu me désigner parmi ses délégués. Elles se sont encadrées dans le polygone de ma chaîne fondamentale de Dauphiné-Provence, jalonné par les sommets de la Cime du Diable, du Monnier, du Tournairet, du Vial, du mont Agel et du Grammondo, dont j'ai pu constater une fois de plus le parfait état des signaux et des mires métalliques que j'avais fait édifier en 1923, justifiant ainsi la résistance aux éléments (particulièrement à la foudre) que je savais depuis longtemps bien supérieure à celle des mires en bois. Parmi les stations exécutées, en vue surtout d'une définition très complète des points appuyant les levés à grande échelle répondant principalement aux besoins de la Défense nationale, il y a lieu de noter les sommets de Manne Sud et de Manne Nord, de Ventabren et de la Pointe des Trois Communes, situés aux environs du Camp des Cabanes Vieilles (1800ᵐ d'altitude), d'où, profitant de l'hospitalité du 25ᵉ bataillon de Chasseurs alpins, j'ai pu rayonner pendant plus d'une semaine. D'autres stationnements, notamment dans le

massif du Tournairet, aux sommets du Caire Gros et de la Concheta, ont complété le système de visées destinées à déterminer par intersection, en connexion avec celles d'un grand nombre de stations des campagnes antérieures, les positions géographiques des points caractéristiques de la partie de la grande crête séparatrice des eaux, rejetée par le traité de 1860 en dehors du territoire national, et, par suite, sur laquelle je ne devais pas songer pouvoir travailler. Comme précédemment, un certain nombre d'occupations ont été effectuées à des repères du Service du Nivellement général en vue de l'établissement de bases de départ altimétriques.

Ces stationnements portent à plus de dix-huit cents le nombre des positions que j'ai occupées depuis un quart de siècle dans les Alpes françaises pour l'œuvre qui, aujourd'hui, peut être considérée comme entièrement achevée sur le terrain, et que, d'ailleurs, pourraient venir facilement compléter des occupations auxiliaires de sommets dans les étés prochains, si le besoin en apparaissait au cours de l'achèvement des calculs définitifs.

Au moment où se termine ainsi la récolte des éléments de documentation, il me paraît utile de donner, dans le tableau récapitulatif d'ensemble ci-après, le résumé très succinct des caractéristiques des vingt-trois campagnes exécutées.

Je rappellerai que l'élaboration de cette documentation, quoique très activement poussée, doit demander vraisemblablement encore au moins une douzaine d'années de travail, non tant pour les calculs, dont la plus grande partie est terminée, que pour la mise au point de la présentation de ceux-ci et de la publication des panoramas photographiques de sommets dont un millier environ pourrait donner lieu à des reproductions par la similigravure, analogues à celles que j'ai déjà placées à la fin des volumes parus à ce jour.

A ceux-ci, les Tomes I et VIII, et à l'Annexe du Tome second spéciale au mont Blanc, viendra bientôt, je l'espère, s'adjoindre le Tome IX, un des plus importants des douze volumes prévus, comprenant tout le détail historique et mathématique de la jonction directe de la Corse au Continent français, de la chaîne méridienne de Corse et du calcul de l'arc de méridien dit des Alpes françaises dont l'amplitude, dès maintenant, dépasse considérablement celle que j'avais initialement envisagée.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DES 23 CAMPAGNES EXÉCUTÉES A LA FIN DE 1927.

Campagnes.	Durée des opérations sur le terrain.	Régions levées.	Superficie approximative en kilom. carrés — Triangulation générale.	de détail.	Nombre des stations géodésiques au-dessous de 2000m.	entre 2000m et 3000m.	au-dessus de 3000m.	Total.	Nombre de points trigonométriques déterminés (environ).	Non d cli pho phi (env
1903.	1 mois	Massifs d'Allevard, des Sept-Laux et de la Belle-Etoile		150	22	18		40	100	
1904.	1 mois	Massifs des Grandes-Rousses, de Belledonne, de Taillefer, des Arves		550	13	30	3	46	160	
1905.	4 mois	Massif Pelvoux-Ecrins		1100	49	43	30	122	900	1
1906.	3 mois	Massif Pelvoux-Ecrins (*fin*)		800	56	59	17	132	600	
1907.	3 mois 1/2	Méridienne de Savoie	4000		4	16	8	28	38	
1908.	3 mois	Méridienne de Savoie (*fin*) Réseau primaire de Haute-Maurienne	600		2	16	12	30		
1909.	3 mois	Massifs de Maurienne		1600	71	40	15	126	800	
1910.	3 mois	Massifs de Maurienne (*fin*) Massif de Tabor-Larmet Massifs de Tarentaise		800	16	51	20	87	800	
1911.	3 mois	Massif de la Grande-Chartreuse Massifs de Tarentaise (*suite*)		1000	95	53	16	164	600	1
1912.	3 mois	Massifs de Tarentaise (*fin*)		900	83	40	4	127	500	
1913.	3 mois	Massifs entre Isère et Arve		700	102	22		124	500	
1914.	1 mois	Haute vallée du Giffre		200	16	1	1	18	120	
1918.	(1)	Polygone de Prégentil Région méridionale du Pelvoux			32	2		34	40	
1919.	3 mois	Massifs de Haute-Savoie		700	77	27		104	450	
1920.	3 mois 1/2	Massifs de Haute-Savoie et de Savoie		700	89	10	5	104	450	
1921.	4 mois 1/2	Massifs de Savoie (*fin*) Massifs de la Haute-Durance et du Guil Méridienne de Dauphiné-Provence	1100	700	100	20	10	137	700	1
1922.	3 mois 1/2	Massifs du Guil (*fin*) Massifs de l'Ubaye Méridienne de Dauphiné-Provence (*suite*)	800	600	36	46	7	89	500	
1923.	5 mois 1/2	Méridienne de Dauphiné-Provence (*fin*) Massifs de l'Ubaye (*suite*) Massifs des Alpes-Maritimes	8000	700	40	18	1	59	500	1
1924.	3 mois 1/2	Massifs de l'Ubaye (*fin*) Massifs du Champsaur Massifs des Alpes-Maritimes (*suite*)		500	69	38	2	109	800	
1925.	5 mois	Jonction de la Corse au Continent Chaîne Méridienne de Corse (*fin*)	4000		25	4		29	40	
1926. (1re camp.)	1 mois 1/2	Chaîne Méridienne de Corse Liaison des stations astronomiques de Corse			13			13	60	
1926. (2e camp.)	3 mois	Massifs du Dévoluy, du Gapençais Massifs des Alpes-Maritimes (*suite*)		800	62	7		69	400	
1927.	1 mois	Massifs des Alpes-Maritimes (*fin*)		500	18	2		20	200	
Totaux :	65 mois 1/2		18500	13000	1090	570	151	1811	9200 (2) environ	15 en

(1) Au cours de 5 mois de commandement de la Section d'Expériences de Tirs en Montagne pendant la guerre.

(2) Il n'est compté ici que les points trigonométriques déterminés par au moins trois directions azimutales. Un nombre supplé taire de plusieurs centaines correspond à des points déterminés par deux directions seulement, mais vérifiables par la concordanc dénivelées.

CORRESPONDANCE.

M. **Frédéric Diénert** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *G. André*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions sousharmoniques et leurs rapports avec les fonctions convexes.* Note de M. **Paul Montel**.

1. Soit $u(x)$ une fonction positive de la variable réelle x. Il est souvent utile de savoir si la fonction $\log u$ est convexe en x. On peut énoncer à ce sujet les théorèmes suivants :

Une condition nécessaire et suffisante pour que $\log u$ *soit convexe en* x *est que* u^m *soit convexe en* x *pour une infinité de valeurs positives de* m *ayant pour limite zéro.*

Une condition nécessaire et suffisante pour que $\log u$ *soit convexe en* x *est que* $e^{\alpha x}u(x)$ *soit convexe en* x *quelle que soit la valeur de la constante* α.

Lorsque la fonction $\log u$ doit être convexe en $\log x$, il faut remplacer $e^{\alpha x}$ par x^α. La propriété se conserve par intégration par rapport à x, en d'autres termes : *si* $\log u$ *est convexe en* $\log x$, *il en est de même de* $\int \log u \, dx$.

Soit $u(x, y)$ une fonction continue et positive des variables (x, y) dans un domaine; cherchons des conditions pour que $\log u$ soit sousharmonique (ou subharmonique). Le premier énoncé ci-dessus demeure valable; le second prend la forme suivante :

Pour que $\log u$ *soit sousharmonique en* (x, y), *il est nécessaire que* $e^{\alpha x+\beta y}u(x, y)$ *soit sousharmonique quelles que soient les valeurs des constantes* α *et* β. *Si la fonction* u *admet des dérivées partielles secondes, cette condition est suffisante.*

2. On sait que la fonction égale en chaque point à la plus grande des valeurs de fonctions sousharmoniques en nombre fini est elle-même sousharmonique. Pour une infinité de fonctions, on a la proposition suivante, d'une application fréquente :

La fonction égale en chaque point à la plus grande limite des valeurs de fonctions sousharmoniques formant une famille normale et bornée, est sousharmonique.

3. Soit $u = f(U)$ une fonction de la fonction de deux variables U. Si f est convexe et croissante en U, et si U est sousharmonique, u est sousharmonique; si f est convexe et décroissante, et si U est surharmonique, u est sousharmonique. Lorsque U est une fonction harmonique, on obtient le théorème suivant :

Si la fonction $u = f(U)$ est convexe en U, u est sousharmonique. Réciproquement, si la fonction $u = f(U)$ est sousharmonique, $f(U)$ est convexe en U.

En prenant $U \equiv \log r$, r désignant la distance d'un point du plan à l'origine, on retrouve le « théorème des trois cercles » de M. Hadamard, le théorème des valeurs moyennes de M. Hardy, etc.

En prenant $U \equiv x$, on retrouve les théorèmes de M. Walther, de M. Dœtsch, etc., sur les maxima et les valeurs moyennes des fonctions harmoniques ou des modules de fonctions holomorphes, définies dans une bande limitée par deux parallèles à l'axe des y.

Les résultats précédents s'étendent au cas où la fonction U dépend de plus de deux variables, et aux fonctions composées obtenues en remplaçant, dans une fonction f sousharmonique, de plusieurs variables, les variables par des fonctions harmoniques ou sousharmoniques.

4. Nous dirons qu'une fonction $u(x, y)$, continue par rapport au point (x, y) est *doublement convexe* lorsqu'elle est convexe en x quel que soit y, et convexe en y quel que soit x, le point (x, y) demeurant dans un domaine donné. Une fonction doublement convexe est sousharmonique; la réciproque n'est pas toujours vraie. Voici des exemples de fonctions sousharmoniques doublement convexes.

Soit $M(r, r')$, le maximum du module d'une fonction $f(z, z')$ de deux variables complexes z et z' lorsque $|z| \leq r$, $|z'| \leq r'$. *La fonction* $\log M(r, r')$ *est une fonction sousharmonique doublement convexe en* $\log r$ *et* $\log r'$.

Calculons la valeur moyenne

$$M_p(r, r') = \frac{1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} |f(re^{i\varphi}, r'e^{i\varphi'})|^p \, d\varphi \, d\varphi',$$

p étant un nombre positif : *la fonction* $\log M_p(r, r')$ *est une fonction sousharmonique doublement convexe en* $\log r$ *et* $\log r'$.

La première proposition se déduit d'ailleurs de la seconde en remar-

quant que $\log M(r, r')$ est la limite de $\frac{1}{p}\log M_p(r, r')$, lorsque p croît indéfiniment.

5. Considérons une série entière de plusieurs variables complexes et désignons par $r, r', r'', \ldots$ des groupes de rayons de convergence associés.

Dans le cas de deux variables, M. Fabry a montré que $\log r'$ est une fonction concave de $\log r$.

Pour un nombre quelconque de variables, *le logarithme de chaque rayon associé est une fonction surharmonique des logarithmes de tous les autres, convexe par rapport au logarithme de chacun d'eux.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le prépotentiel sphérique.* Note [1] de M. **Pierre Humbert**, transmise par M. Appell.

On sait que l'étude de l'action, sur un point (x, y, z), d'une couche attirante homogène répandue sur une surface S, lorsque l'attraction est proportionnelle à une puissance quelconque de la distance, conduit à une *intégrale prépotentielle* de la forme

$$(1)\qquad U(x, y, z) = \int_{(S)} \frac{ds}{[(x-a)^2 + (y-b)^3 + (z-c)^2]^{q+1}}.$$

Green a montré que, lorsque la surface S se réduit au *plan* $c = 0$, U vérifie l'équation du *prépotentiel plan*

$$\Delta U + \frac{2q+1}{z}\frac{\partial U}{\partial z} = 0,$$

sur laquelle j'ai présenté récemment quelques remarques [2]. Voici un autre cas particulier, celui où la surface attirante est la *sphère*

$$(2)\qquad a^2 + b^2 + c^2 - 1 = 0,$$

qui conduit également à une équation intéressante.

Un calcul facile montre en effet que, si l'on suppose la relation (2) vérifiée, l'intégrale (1) satisfait à l'équation

$$(3)\qquad (x^2+y^2+z^2-1)\Delta U + 2(2q+1)\left(x\frac{\partial U}{\partial x} + y\frac{\partial U}{\partial y} + z\frac{\partial U}{\partial z}\right) + (2q+1)(2q+2)U = 0,$$

---

[1] Séance du 26 septembre 1927.

[2] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 547; *Annales Soc. Sc. Bruxelles*, 47, 1927, p. 38.

que l'on pourrait appeler équation du *prépotentiel sphérique*. Si l'on y pose

$$U = (x^2 + y^2 + z^2 - 1)^{-q-\frac{1}{2}} T,$$

elle s'écrira plus simplement

$$(4) \qquad \Delta T - (4q^2 - 1)(x^2 + y^2 + z^2 - 1)^{-2} T = 0$$

et par conséquent rentrera dans la classe des équations

$$\Delta V + \lambda R(x, y, z) V = 0,$$

que l'on rencontre dans divers problèmes, en particulier celui du refroidissement d'un solide avec rayonnement et dont on connaît le lien avec les équations intégrales.

Comme pour l'équation de Laplace, on peut chercher à former effectivement des solutions de (3) ou (4), sous forme de produits de trois facteurs, dans les systèmes usuels de coordonnées orthogonales. La disjonction des variables sera aisée dans les deux cas suivants :

a. Coordonnées polaires : $x = \rho \cos\theta \cos\varphi$, ...

En faisant alors

$$U = V(\rho) P_n^m(\cos\theta) {}_{\cos}^{\sin} m\varphi,$$

on obtient pour V l'équation

$$\begin{aligned} \rho^2(\rho^2 - 1) V'' &+ [4(q+1)\rho^2 - 2]\rho V' \\ &+ \{[(2q+1)(2q+2) - n(n+1)]\rho^2 + n(n+1)\} V = 0, \end{aligned}$$

qui, avec $\rho = \sqrt{u}$, $V = u^{\frac{n}{2}} W$, prend la forme hypergéométrique

$$u(1-u) W'' + \left[n + \frac{3}{2} - \left(2q + n + \frac{5}{2}\right) u\right] W' - \left(q + \frac{1}{2}\right)(q + n + 1) W = 0,$$

d'où, pour le prépotentiel sphérique, la solution

$$(5) \qquad U = \rho^n F\left(q + \frac{1}{2};\ q + n + 1;\ n + \frac{2}{2};\ \rho^2\right) P_n^m(\cos\theta) {}_{\cos}^{\sin} m\varphi.$$

b. Coordonnées toroïdales :

$$x = \frac{\operatorname{sh}\rho \sin\theta}{\operatorname{ch}\rho - \cos\sigma},$$

$$y = \frac{\operatorname{sh}\rho \cos\theta}{\operatorname{ch}\rho - \cos\sigma},$$

$$z = \frac{\sin\sigma}{\operatorname{ch}\rho - \cos\sigma}.$$

Elles conduiront, en introduisant la fonction $\mathcal{C}_n^\nu$ de Gegenbauer, à la solution

$$(6) \qquad U = (\operatorname{ch}\rho - \cos\sigma)^{q+1}\, \mathcal{C}^{q+\frac{1}{2}}(\sin\sigma)\, P_{n+q}^{m}(\operatorname{ch}\rho)\, {}^{\sin}_{\cos}\, m\theta.$$

Pour $q = -\frac{1}{2}$, l'attraction est newtonienne, l'équation du prépotentiel sphérique n'est autre que l'équation de Laplace, et les solutions (5) et (6) se réduisent, on le voit, au produit ordinaire de Laplace pour les systèmes sphérique et toroïdal.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure de la chromosphère solaire.* Note de M. **L. d'Azambuja**, présentée par M. H. Deslandres.

Au cours d'une première étude des raies fortes de la *couche renversante* ou partie basse de la chromosphère solaire, faite au grand spectrohéliographe de Meudon, nous avons signalé, M. Deslandres et moi ([1]), que les images monochromatiques de l'astre données par l'instrument différaient notablement d'aspect suivant que la fente sélectrice était placée sur les *ailes* des raies ou sur la partie centrale de celles-ci. Dans le premier cas, on obtenait des images à peu près identiques à celles que fournissent les ailes (H_1, K_1), exceptionnellement larges des raies H et K du Ca^+. Dans le second, les *plages faculaires* et les *flocculi* du type H_1, K_1 étaient à peu près invisibles : le disque ne montrait guère qu'un faible réseau de petites inégalités. L'étude se rapportait aux deux raies du fer λ4046 et λ4384.

Je l'ai étendue récemment à un plus grand nombre de raies, en soumettant chacune d'elles à une exploration plus serrée. Un certain nombre de faits nouveaux ont été reconnus. J'en ai décrit quelques-uns dans une Note de novembre dernier ([2]) où je signalais, en particulier, que les plages faculaires ne disparaissaient pas exactement au centre des raies, mais symétriquement, de part et d'autre de celui-ci. La Note actuelle complète la précédente et résume brièvement les remarques que suggèrent les apparences observées.

Neuf raies ont été sélectionnées : 1° sept raies à ailes d'importances diverses, appartenant à des éléments neutres variés; Mg 3838 (intensité 25, d'après Rowland), Fe 4046 (30), Fe 4144 (15), Ca 4227 (20), Fe 4384 (15),

---

([1]) *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 229; **149**, 1909, p. 521.

([2]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1023.

Mg 5184 (30), Na 5890 (30); 2° la raie 4078 (8) du strontium ionisé. A première vue, cette raie paraît à peu près dépourvue d'ailes. Un examen plus attentif, toutefois, révèle que, dans son voisinage, l'intensité du spectre continu diminue graduellement et n'a plus que la moitié de sa valeur normale aux lisières mêmes de la raie; 3° une raie, d'aspect aussi identique que possible à la précédente, mais appartenant à l'atome neutre du fer, λ 4202 (8).

Raies à ailes. — Au spectrohéliographe, elles se comportent toutes de façon analogue : *a*. Quand la fente sélectrice est placée exactement au milieu de la raie, les plages et flocculi brillants du type H_1, K_1 sont visibles avec un éclat un peu moindre que dans les ailes; ils apparaissent mélangés à une faible granulation. — *b*. Dans deux régions étroites, situées encore dans la partie centrale (large au plus de $0^{\text{Å}}.20$), mais à ses lisières mêmes, plages et flocculi disparaissent à peu près complètement. La structure granulaire, à peine sensible au centre, devient très marquée et subsiste à peu près seule, uniformément répartie sur tout le disque [1]. — *c*. Au delà des lisières, vers le spectre continu, la structure granulaire s'efface rapidement. Plages et flocculi brillants réapparaissent, passent par un maximum relatif d'éclat et disparaissent à nouveau quand l'intensité de l'aile atteint la moitié de l'intensité du spectre continu voisin [2].

Raies Sr^+4078 *et* Fe 4202. — Au delà des lisières, on n'observe pas la réapparition des plages brillantes. Aux lisières mêmes, la structure granulaire a même aspect que précédemment, mais, sur son réseau uniforme, on remarque des plages sombres qui semblent être, point par point, la contrepartie des plages brillantes H_1, K_1 [3]. Au centre des raies, on retrouve celles-ci. Toutefois, pour 4078, elles sont beaucoup moins marquées que pour les autres raies. On aurait pu penser, au contraire, qu'elles le seraient

---

(1) Il n'y a pas symétrie parfaite entre les aspects révélés par les deux lisières de chaque raie. Tout se passe comme si la région qui produit la structure granulaire était plus large du côté violet que du côté rouge. On sait qu'une dissymétrie de même sens existe pour les composantes H_2, K_2 du Ca^+ et a été attribuée généralement à des mouvements de descente des couches élevées de la vapeur par rapport aux couches basses.

(2) Ces résultats se rapportent aux régions centrales du disque solaire.

(3) Ce phénomène, visible seulement avec les raies à ailes faibles, est à rapprocher du phénomène analogue montré par la raie H_α de l'hydrogène, dont les lisières donnent des plages sombres très marquées, attribuées généralement à des augmentations de largeur de la raie aux points où le Ca^+ est plus intense.

davantage en considérant les images que donnent les composantes H_3, K_3 du Ca^+, où elles brillent d'un éclat vraiment extraordinaire.

Une discussion détaillée de ces résultats sera donnée dans un autre Recueil. Je me borne ici à faire les deux remarques suivantes :

1. Il y a, dans la disparition momentanée des plages et flocculi brillants sur les lisières des raies à ailes, une indication très nette que, si les plages du centre sont bien dues à un renforcement de l'émission de la vapeur provoqué, comme on l'admet généralement, par le rayonnement plus intense des facules, les plages des ailes, par contre, ont une origine différente. Comme je l'ai indiqué l'année dernière, ce sont très probablement les facules elles-mêmes, parties élevées de la surface de l'astre, dont le spectre continu transparaît à travers les ailes, grâce à l'absorption relativement légère exercée par celles-ci. Le fait que, pour toutes les raies à ailes, les plages ne commencent à se montrer que lorsque l'absorption atteint 50 pour 100; l'invisibilité des mêmes plages avec les raies 4078 et 4202, où l'absorption n'atteint 50 pour 100 qu'au voisinage immédiat des lisières, confirment encore cette manière de voir.

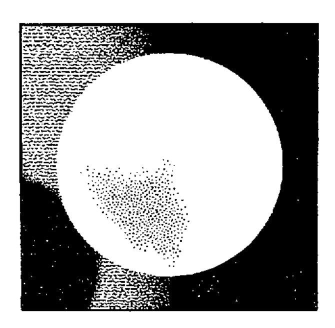
2. La partie centrale des raies donne donc seule des images où l'émission de la vapeur joue un rôle prépondérant. Si l'on écarte les effets variables produits, sur cette émission, par le rayonnement des parties élevées de la surface, les images, débarrassées des plages et flocculi, offrent seulement une granulation uniforme qui se révèle ainsi comme le caractère essentiel de la structure propre des vapeurs étudiées ou, tout au moins, de leurs couches basses, données par les lisières des raies. La structure granulaire se retrouve aussi, avec quelques changements, sur les images H_α de l'hydrogène. Le Ca^+ la montrerait peut-être également si le vif éclat des plages et flocculi, au centre de H et K, ne la venait masquer.

Dans les couches supérieures, la granulation s'atténue et tend même à disparaître. Ce fait curieux, observé déjà avec l'hydrogène, sera examiné ultérieurement.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la rotation du IIIe satellite de Jupiter.* Note de M. **E.-M. Antoniadi**, présentée par M. H. Deslandres.

Ayant observé des taches très nettes sur ce satellite depuis l'année dernière avec la lunette de $0^m,83$ de Meudon, armée de grossissements de 350, 425, 580 et 1250 fois, j'ai pu en prendre de nombreux dessins, dont la com-

paraison tend à montrer que cet astre présente toujours la même face à Jupiter, sauf pour la libration en latitude, qui n'est pas décelable.



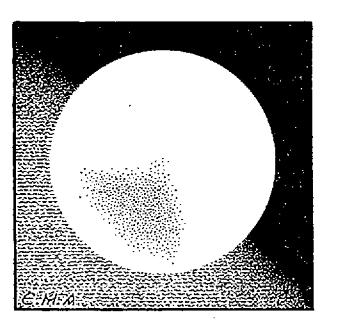


Fig. 1. — 14 août 1926, à 23h7m. On voit, en bas et à gauche, l'ombre du satellite.

Fig. 2. — 29 août 1927, à 22h54m, et 6 septembre 1927, à 2h14m.

Tache foncée, observée à Meudon sur le IIIe satellite de Jupiter, à ses entrées sur le disque, lors de ses passages devant la planète.

L'aspect du satellite lors de ses entrées sur le disque de la planète est particulièrement intéressant. A ces moments-là, il présente une plage sombre triangulaire dans son quadrant nord-ouest, ainsi que je l'observai par d'excellentes images le 14 août 1926 et les 29 août et 6 septembre derniers.

J'en conclus que la période de rotation du IIIe satellite de Jupiter est égale à celle de sa révolution autour de la planète.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Sur quelques avantages mécaniques et autres résultant de la très petite longueur et de la structure compacte du type de télescope aplanétique Ritchey-Chrétien.* Note de M. **G.-W. Ritchey**, présentée par M. H. Deslandres.

Le but des inventeurs du type de réflecteur aplanétique court [1] était triple : 1° assurer un champ plus grand et une image stellaire plus petite et plus symétrique par l'utilisation de deux miroirs courbes, toujours combinés, un grand miroir concave et un petit convexe; 2° assurer plus de commodité et de sécurité à l'observateur, de façon à lui permettre d'accroître l'efficacité de son travail; et 3° augmenter la commodité dans

[1] G.-W. Ritchey et H. Chrétien, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 266.

l'usage de l'instrument et diminuer son prix, ainsi que celui de la coupole et de l'édifice, en réduisant grandement la longueur du tube. Il est satisfaisant de constater que l'on ait trouvé un seul type de télescope qui réunisse toutes ces améliorations.

Voici un exposé sommaire de quelques-uns des avantages mécaniques de ce type d'instrument :

1° La longueur maxima du tube est d'environ 2,75 fois l'ouverture du grand miroir pour des rapports focaux compris entre 1 à 6 et 1 à 12. Ce tube est environ de moitié moins long que celui nécessité par le type newtonien de même ouverture et de même rapport focal.

2° Le tube est si court qu'il peut être facilement contre-balancé automatiquement dans toutes les positions, de sorte que ses flexions sont pour ainsi dire indéfiniment diminuées; car on peut réduire ainsi les flexions du tube à la millième partie de celles des meilleurs instruments de notre époque.

3° La charpente métallique du tube est si courte qu'elle permet d'envelopper aisément chacune de ses parties dans du liège ou du feutre, afin d'amoindrir et de ralentir la contraction et la dilatation dues aux changements de température et, par suite, les changements du foyer pendant l'usage de l'instrument.

4° Le peu de longueur de cette charpente du tube la rend si légère qu'on peut, sans trop de dépense, la construire entièrement en invar approximatif, qui est plus facile à obtenir et d'un prix moins élevé que l'invar exact.

5° La monture du télescope, tube inclus, est encore si compacte que l'on peut aisément enfermer l'instrument tout entier, le jour, dans une chambre à parois molles et pliantes, construite en une matière qui est mauvaise conductrice de la chaleur et qui fournit ainsi une température à peu près constante. Cette chambre est placée dans la coupole afin de maintenir les miroirs et la monture à la température présumée de la nuit. On peut se servir d'un très petit appareil réfrigérateur pour empêcher l'élévation de la température à l'intérieur de ladite chambre dans le cours de la journée.

6° Avec ce type de télescope, l'observateur travaille toujours à la partie inférieure du tube, où le mouvement est petit et lent. On peut parfaitement faire porter l'observateur dans un *chariot d'observateur*, monté équatorialement, de façon que le mouvement de l'observateur soit rigoureusement concentrique et synchrone avec celui de l'extrémité oculaire du télescope.

7° Le peu de longueur du tube et la petitesse de la coupole font que l'on

peut changer très rapidement, la nuit, les dépendances du tube portant les divers miroirs secondaires. Ceci est nécessaire pour tirer le plus grand parti possible des conditions atmosphériques changeantes des images.

8° La coupole et l'édifice sont très peu encombrants et très économiques, comparés à ceux nécessités par d'autres types de réflecteurs équatoriaux.

Afin que les images extrêmement petites d'étoiles données par le télescope aplanétique puissent être utilisées le mieux possible, il est nécessaire d'avoir les perfectionnements indiqués dans les paragraphes qui précèdent, et bien d'autres améliorations encore. C'est une coïncidence heureuse que le peu de longueur et la structure compacte de l'instrument rendent ces perfectionnements possibles.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Mesures spectrographiques dans le domaine intermédiaire (séries* K, L, M, N). Note de MM. **Jean Thibaud** et **A. Soltan**, présentée par M. M. de Broglie.

1. En utilisant le spectrographe à réseau tangent décrit par l'un de nous dans une Note antérieure [1], nous avons pu photographier, en plus des raies annoncées dans le précédent travail, des raies nouvelles du domaine intermédiaire : raies K de l'azote et du bore et doublets N des éléments Ta(73), W(74), Pt(78), Au(79).

Nous avons reconnu que, pour ces recherches, les plaques photographiques ordinaires non huilées convenaient aussi bien que celles recouvertes d'une couche d'huile fluorescente employées jusqu'ici. L'excitation des spectres caractéristiques est toujours produite par bombardement au moyen d'électrons lents (900 à 1000 volts) d'un dépôt de l'élément à étudier, formé sur une anticathode de fer, soit par fusion préalable dans le vide (Au, Pt), soit par l'évaporation d'une cathode incandescente appropriée (Mo, Ta, W, B). Quant à la raie K_α de l'azote, nous avons suivi son apparition, puis son renforcement sur des clichés successifs, une fuite ayant pris naissance dans l'un des joints.

Les longueurs d'onde portées dans le tableau suivant représentent la moyenne des mesures d'un grand nombre de clichés et pour la plupart des raies, sur plusieurs ordres successifs : elles ne sont pas erronées de plus de 0,5 à 1 pour 100, sauf peut-être en ce qui concerne le doublet N de l'or qui n'a été mesuré que sur un seul cliché.

---

[1] Jean Thibaud, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 62.

		Longueur d'onde en Å.	Longueur d'onde en volts.	$\frac{\nu}{R}$.	Attribution.
Série K	Kα Oxygène.....	23,8	518	38,2	
	Kα Azote.......	31,8	388	28,6	$K - L_{II-III}$
	Kα Carbone.....	44,9	275	20,3	
	Kα Bore........	68,0	181	13,4	
Série L	: Lα Fer.........	17,7	697	51,4	
Série M	: M Molybdène...	65,0	190	14,0	$M_V - N_{III}$
Série N (doublets réguliers)	Tantale $z = 73$...	58,3	212	15,6	$N_{IV} - O$
		61,4	201	14,8	$N_V - O$
	Tungstène $z = 74$.	56,0	220	16,3	$N_{IV} - O$
		59,1	209	15,4	$N_V - O$
	Platine $z = 78$ ..	48,0	257	18,9	$N_{IV} - O$
		51,0	242	17,8	$N_V - O$
	Or $z = 79$.......	46,8	264	19,5	$N_{IV} - O$
		49,4	250	18,4	$N_V - O$

2. En retranchant le quantum de chacune des raies Kα, des énergies trouvées pour les niveaux K des éléments correspondants (KO = 528, KN = 397, KC = 282, KB = 192 volts, d'après Holweck), on calcule le quantum du niveau L_{II-III} : LO = 10, LN = 9, LC = 7, LB = 10 volts. Ces valeurs varient régulièrement en fonction du numéro atomique Z (sauf en ce qui concerne B) et indiquent un relèvement de la courbe de Moseley relative à ce niveau, lorsque Z décroît.

La raie de la série M du molybdène provient d'une transition M_V-N_{III} et représente la survivance, pour l'élément 42, de la série M observée par Hjalmar pour les éléments lourds et par Thoraeus pour le tungstène.

Les raies N observées pour les éléments lourds constituent un doublet régulier ($\Delta\lambda = 3,1$ Å), la composante la plus intense étant celle de plus grande longueur d'onde. Elles correspondent à des transitions qui auraient pour niveaux d'arrivée soit N_{IV} (composante faible), soit N_V (composante forte). Les énergies de ces raies s'accordent bien avec les prévisions (à partir des spectres de haute fréquence) de Bohr et Coster, à condition de leur attribuer comme niveaux de départ ceux désignés par ces auteurs comme étant N_{VI-VII}. Ceux-ci seraient donc en réalité des niveaux O.

3. Si nous comparons les longueurs d'onde mesurées à l'aide du réseau ligné à celles mesurées par Dauvillier (¹) (Kα C = 45,5, Kα B = 73,5 Å)

(¹) *Journal de Physique*, 8, 1927, p. 1.

avec un réseau d'acide gras, nous observons une différence qui va en augmentant avec la longueur d'onde, passant de 0,6 Å pour KC à 5,5 Å pour KB. Il est probable qu'il faut voir là une conséquence de la réfraction des rayons X mous à la surface du réseau d'acide gras : la théorie indique en effet que l'indice de réfraction des radiations X diffère de l'unité d'une quantité δ, proportionnelle au carré de la longueur d'onde, et qu'il faut s'attendre à ce que δ passe de la valeur $\delta = 10^{-6}$, pour les rayons X durs, à $\delta = 10^{-2}$ pour des rayons de 60 Å. Par ailleurs la divergence entre les mesures de Dauvillier et les nôtres permet le calcul de l'indice dans la substance utilisée comme réseau, à l'aide d'une formule plus rigoureuse que la relation de Bragg, telle que celle donnée par Siegbahn [1]. On trouve $\delta = 10^{-2}$ pour $\lambda = 68$ Å, valeur en accord avec les prévisions théoriques.

Il est remarquable de constater que les rayons X très mous continuent à obéir à des lois (Drude) établies pour les fréquences optiques puis vérifiées pour celles des rayons X ordinaires. En outre, l'inexactitude de la loi de Bragg, en raison de l'importance prise par le terme δ pour les grandes longueurs d'onde, se trouve être une grosse difficulté pour les méthodes d'exploration du domaine intermédiaire qui utilisent le réseau cristallin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés optiques de certaines matières colorantes susceptibles de changer de couleur dans les solutions de sels neutres concentrés.* Note [2] de M. **Fred Vlès.**

La constitution moléculaire d'électrolytes équilibrés en solution aqueuse est définie, outre la température et la pression, à partir d'un certain nombre de variables extrinsèques comme le pH et le rH. Cependant, à pH ou rH sensiblement constants, nous connaissons des modifications moléculaires réversibles, analogues à des transformations tautomériques, imposées par des variations de la composition périphérique : telles sont par exemple les actions des sels qui interviennent, à pH constant, sur les erreurs salines des indicateurs de pH; les modifications de quelques substances colorées très sensibles, susceptibles de fournir des dérivés en milieu réduit, sous l'action de sels neutres (hémochromogènes, etc.); la sensibilité aux sels, reconnue

---

(1) *Journal de Physique*, 6, 1925, p. 228.
(2) Séance du 26 septembre 1927.

par les teinturiers industriels à diverses matières colorantes dans les opérations de relargage. Il faut sans doute relier à eela les innombrables effets de sels dans lesquels on voit les sels neutres intervenir à l'égard des forces électromotrices, des pouvoirs rotatoires, etc.

On soupçonne là tout un groupement de phénomènes en apparence disparates, dont chacun est provisoirement justiciable d'une explication partielle à partir des données classiques, mais qui forment peut-être une famille unique.

Dans le but d'étudier les variables supplémentaires qui peuvent intervenir dans de tels phénomènes, nous avons systématiquement recherché *des matières colorantes qui, sans être des indicateurs de* pH *ou de* rH (ou en tout cas loin des conditions qui leur donneraient éventuellement cette propriété), *sont susceptibles de présenter des changements de couleur en présence des sels neutres concentrés.*

De pareilles matières colorantes se montrent dans diverses familles de la chimie organique; mises en présence de sels neutres concentrés, elles donnent lieu à des virages qui peuvent être de deux natures, les uns étant de vrais virages d'indicateurs avec des modifications spectrales, où est engagée par conséquent la structure moléculaire, les autres n'étant que des « virages de précipitation » où la sortie de la phase vient au point de vue optique apporter les complications des milieux troubles. Les deux types de virage peuvent être réunis sur les mêmes corps, y être distincts ou confondus.

Nous avons entrepris l'étude de ces modifications moléculaires en étudiant au spectrophotomètre l'absorption de telles matières colorantes en solution dans KCl. Dans des solutions de KCl, en échelons depuis la saturation (3,5 N) jusqu'à des solutions diluées (N/100000) on a mesuré dans des conditions comparables les rapports des absorptions principales des deux formes spectrales extrêmes perçues : $\varphi = \dfrac{\operatorname{colog}\left(\frac{I}{I_0}\right)\lambda_1}{\operatorname{colog}\left(\frac{I}{I_0}\right)\lambda_2}$ [1]. On a établi les courbes $\varphi = f(\text{pKCl})$ (pKCl étant le logarithme négatif de la concentration moléculaire en KCl, $C_{KCl} = 10^{-\text{pKCl}}$).

Exemple. — Soit la *sulfonecyanine* 5R. Une solution à $3,5.10^{-5}$ dans KCl, entre la normale et la saturation de celui-ci, est *rose*, avec

---

(1) Nous avons insisté ailleurs, à propos des indicateurs de pH, sur les propriétés et les calculs de pareils rapports.

une bande d'absorption principale sur $\lambda 515^{m\mu}$; au même taux dans une solution 0,02N (pKCl 1,6) elle est *violette*, avec une bande principale sur $\lambda 540$. Dans KCl saturé la précipitation de la forme rose se fait plus ou moins rapidement. La courbe $\varphi = f(\text{pKCl})$ présente une allure en S caractéristique, avec un φ maximum vers pKCl 3, descente légère pour les solutions plus diluées (jusqu'à l'eau distillée); descente très rapide vers pKCl 0, avec inflexion aux environs de pKCl 1,4 correspondant approximativement à un demi-virage; puis une remontée du côté des solutions saturées, corrélative du phénomène de précipitation qui efface les bandes et est plus ou moins accentué suivant les conditions expérimentales.

Si l'on exprime à partir des données spectrophotométriques le rapport $\frac{A}{B}$ des deux formes dont la transformation réciproque réalise le virage $\frac{A}{B} = \frac{\varphi K'_2 - K_2}{K_1 - \varphi K'_1}$ (K_1, K'_1, K_2, K'_2 étant les constantes d'absorption pour les solutions extrêmes, φ le rapport pour les deux λ choisis) on constate que la branche de la courbe correspondant au virage peut être représentée par une expression de la forme

$$\text{pKCl} = \text{pM} + a' \log \frac{A}{B} = \text{pM} + a' \log \frac{\varphi K'_2 - K_2}{K_1 - \varphi K'_1},$$

pM étant sensiblement une constante (*indice de massivité* de l'indicateur) qui représente le pKCl de demi-virage du colorant, et a' une autre constante qui est d'ailleurs dans le cas présent égale à l'unité.

L'expression ci-dessus laisse entendre l'application d'une loi de masses, puisqu'elle équivaut à $\frac{[\text{KCl}] \times A^a}{B^a} = 10^{-\text{pM}} = \text{const.}$ Il était naturel de se demander si le constituant [KCl] ne pouvait pas être représenté, dans les limites des approximations expérimentales, par l'activité de ses ions, intervenant dans la formation d'un sel de K du colorant ou d'un complexe, ce qui reviendrait à substituer à pKCl une différence $\text{pKCl} - \log\gamma$ (γ étant le coefficient d'activité), par conséquent à chercher la vérification d'une expression : $\text{pKCl} = \text{pM}' + \log\gamma + a' \log \frac{\varphi K'_2 - K_2}{K_1 - \varphi K'_1}$. En calculant $\log\gamma$ pour KCl à partir des valeurs données par Noyes et Mac Innes, Lewis et Randall, on trouve que pM′ devrait différer de $\text{pM} = \text{pM}' + \log\gamma$ d'une quantité au plus égale à $-0,24$. L'expérience, tout au moins avec KCl et la sulfonecyanine, ne permet pas pour le moment de descendre à cette approximation. Il a été nécessaire, pour discuter ce problème, de faire appel à des sels différents et de constituer sur le même principe une

collection d'indicateurs; ces diverses données peuvent nous apporter une méthode pour l'étude expérimentale de la structure des solutions salines concentrées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formation de silicates cristallisés en milieu aqueux sous pressions et à températures élevées.* Note [1] de MM. **W. Ipatieff** et **B. Mouromtseff**, présentée par M. C. Matignon.

Des recherches antérieures [2] ont montré que le précipité amorphe de silicate de zinc obtenu par double décomposition entre les solutions d'acétate de zinc et de silicate de soude, se transforme en un produit très bien cristallisé par l'action de l'hydrogène sous pression et à des températures assez élevées.

On a pu généraliser cette réaction et obtenir la silice et les silicates bien cristallisés à partir des mêmes corps amorphes en se plaçant dans les mêmes conditions. L'expérience a montré que la formation de ces silicates cristallisés est facile mais qu'il est difficile en se plaçant dans les conditions apparemment les mêmes, d'obtenir toujours le même corps; les moindres influences en modifient la composition. Par exemple, des traces minimes de substance provenant d'une expérience précédente et restant adhérentes aux parois du tube en argent dans lequel on opère, suffisent pour changer le résultat.

Le gel d'acide silicique ou de silicate obtenu par double décomposition est émulsionné dans l'eau et introduit dans le tube en argent, lequel est placé dans la bombe à pression : on charge celle-ci avec de l'hydrogène et quelquefois avec du gaz carbonique. On chauffe le tout à température constante pendant 2 à 3 jours; le produit est lavé à l'acide chlorhydrique pour éliminer les oxydes qui se sont formés et l'on obtient souvent un corps homogène.

Silice. — Le gel de silice est transformé en une masse cristalline après chauffage pendant 30 à 40 heures à 310-320° sous une pression d'hydrogène de 200^{atm}.

Avec un microscope de faible grossissement on reconnaît des prismes hexagonaux, des pyramides hexagonales, parfois les deux cristaux associés en donnant la forme du cristal de roche. La composition est bien SiO^2.

---

(1) Séance du 26 septembre 1927.

(2) W. Ipatieff et N. Kondontchine, *Berichte*, 59, 1926, p. 1422.

En remplaçant l'hydrogène par le gaz carbonique, on obtient dans les mêmes conditions un hydrate $5SiO^2, 2H^2O$, bien cristallisé.

	Trouvé (pour 100).	Calculé (pour 100).
SiO^2	89,46	89,3
H^2O	10,50	10,70

Silicate de magnésie. — Le sel, obtenu par double décomposition et maintenu en présence d'un excès de sel de magnésium, chauffé pendant 2 jours vers 300° sous une pression d'hydrogène de 250^{atm}, donne un produit semblable à l'amiante, formé de longs fils enchevêtrés, qui, au toucher, donnent la sensation d'un corps gras.

Ces longues aiguilles manifestent la double réfraction.

La composition varie d'une expérience à l'autre :

	I. (pour 100).	II. (pour 100).
SiO^2	57,8	67,1
MgO	23,8	14,8
H^2O	6,5	9,7

Silicate de calcium. — On obtient dans les mêmes conditions, de fines aiguilles, agissant sur la lumière polarisée, dont la composition dans une préparation était la suivante :

SiO^2	85,2
CaO } Na^2O }	7,2
H^2O	7,8

Silicate de manganèse. — On transforme le gel de manganèse en cristaux très bien formés constitués par des prismes transparents présentant une double réfraction très élevée (2 jours, 300°, 180^{atm} d'hydrogène).

La composition est variable d'une expérience à l'autre; on a obtenu, par exemple, avec des précipités bien homogènes dans chaque cas :

	I.	II.
SiO^2	56,72	-
MnO	26,30	1,2
Na^2O	4,47	-
H^2O	12,43	-

En opérant avec le gel débarrassé de l'excès de sel de manganèse soluble ayant servi à la double décomposition, on a obtenu par suite d'une hydrolyse l'hydrate $5SiO^2.3H^2O$.

	Trouvé (pour 100).	Calculé (pour 100).
SiO^2	84,2	84,7
H^2O	15,7	15,3

Silicate de zinc. — De même le gel de zinc, bien lavé avant traitement, ne donne plus le sel déjà signalé $SiO^3Zn.3ZnO$, mais un produit formé de gros prismes transparents avec des pointements pyramidaux contenant 7,3 pour 100 d'oxyde de zinc.

A côté de ces silicates, on a obtenu de même des silicates cristallisés d'aluminium et de fer; leur étude est continuée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la sublimation de fer dans le vide.* Note [1] de M. **Erling Botolfsen**, présentée par M. Camille Matignon.

Dans plusieurs expériences, ayant pour but d'examiner la décomposition d'un certain oxyde par la chaleur, j'ai constaté que le fer se sublime dans le vide, au-dessous de son point de fusion.

L'oxyde en question fut placé dans un récipient en fer. Le récipient fut fermé dans un tube de silice transparente, dans lequel le vide fut fait à l'aide d'une pompe à mercure. Le tube de silice fut placé dans un four à baguettes de silicite, et chauffé jusqu'à 1300°.

Dans un essai, après 5 heures de chauffage à 1200°, on constata la présence d'une couche métallique et cristalline sur l'oxyde chauffé, ainsi qu'un dépôt sur le tube en silice, au dessus de la partie chauffée.

Dans trois autres essais les mêmes phénomènes furent observés.

Si l'on place l'oxyde dans une capsule de platine ou dans un creuset de porcelaine, on ne retrouve ni la couche métallique sur l'oxyde chauffé, ni le dépôt sur le tube de silice.

Pour obtenir des données plus exactes, un essai fut effectué dans le récipient en fer, à 1300° pendant 25 heures, en maintenant un vide parfait. L'expérience donna un dépôt cristallin et métallique sur le tube en silice au-dessus de la zone de chauffage. Ce dernier dépôt était cohérent et d'une épaisseur remarquable.

Par des réactions chimiques ainsi que par l'analyse aux rayons X, on a pu constater que le dépôt cristallin et métallique sur le tube en silice est du fer, que le dépôt cristallin et métallique sur l'oxyde chauffé est également du fer, et que les deux dépôts ne contiennent pas de métal constituant l'oxyde chauffé.

L'analyse quantitative du fer sublimé montre qu'il contient des traces de silicium. A part cela il est bien pur : $0^g,0392$ Fe sublimé, dissous dans

(1) Séance du 22 août 1927.

l'acide chlorhydrique et précipité sur l'ammoniaque, donna $0^g,0559\ Fe^2O^3$. Théoriquement on aurait dû trouver $0^g,0560\ Fe^2O^3$.

Si l'on chauffe le récipient en fer sans oxyde présent on obtient à nouveau un dépôt de fer sur le tube de silice.

L'auteur a aussi répété les expériences avec du fer d'autre origine que le récipient primitif : il a toujours vérifié les phénomènes de sublimation décrits ci-dessus.

Enfin l'auteur a pu retrouver du fer sublimé dans d'autres tubes en silice qui ont servi — avec des récipients en fer — dans des séries d'expériences dans le vide, où la température n'a pas dépassé 1000°.

Quant à l'importance de la sublimation, les chiffres suivants en donneront une idée :

Le récipient en fer pesait avant le chauffage pendant 25 heures à 1300° $20^g,2564$; après ce chauffage, $19^g,9234$. Sous les conditions mentionnées, $0^g,3330$ Fe furent donc sublimés. La vitesse de sublimation du fer dans un très bon vide à 1300° est donc de l'ordre de 0,07 pour 100 par heure.

Par des expériences répétées, j'ai ainsi constaté que le fer se sublime dans le vide extrême, au-dessous de son point de fusion. Puisque ce phénomène est constaté avec des fers d'origines différentes et indépendamment de la présence des autres corps pouvant agir comme catalyseurs, il semble naturel d'enregistrer le pouvoir de sublimation constaté parmi les propriétés physiques du fer.

MM. Kahlbaum, Roth et Siedler (¹), dans un Mémoire sur la distillation des métaux dans le vide, annoncent qu'ils ont distillé le fer et que le travail sera continué; il ne semble pas qu'il ait été poursuivi.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essais de viscosité sur le nickel, l'aluminium et les alliages légers.* Note (²) de MM. **Jean Cournot** et **Macedo Soares Silva**, présentée par M. Léon Guillet.

Les résultats ci-après constituent la suite de ceux que l'un de nous a déjà présentés en collaboration avec MM. K. Sasagawa et R. Pages, sur la viscosité des aciers ordinaires et spéciaux, du cuivre et de ses alliages. L'appareil employé pour ces derniers produits a été utilisé dans les mêmes

(¹) *Zeits. an. Chem.*, **29**, 1902, p. 177.
(²) Séance du 22 août 1927.

conditions expérimentales ([1]); nous avons cependant complété nos recherches par l'étude de l'influence du diamètre de l'éprouvette.

Les métaux ou alliages essayés, d'abord sous forme de fils de 1^{mm} de diamètre, ont été : le nickel commercial, l'aluminium Calypso, l'alpax, le duralumin.

Nous avons pour chacun d'eux étudié la viscosité à trois ou quatre températures différentes, sous quatre, cinq ou six efforts unitaires suivant les cas.

Les courbes allongement-temps ont les mêmes formes que celles observées dans les précédentes études, mais la période de proportionnalité, c'est-à-dire de viscosité proprement dite, s'établit plus vite pour les métaux ou alliages nouvellement essayés que pour le cuivre et ses alliages.

Enfin, en prolongeant les essais jusqu'à la rupture, nous avons observé ici, contrairement au cuivre et à ses alliages, la formation d'une striction très nette.

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus. On doit remarquer :

a. L'infériorité des limites de viscosité par rapport aux charges de rupture ordinaire, particulièrement pour l'aluminium;

b. Le renforcement des limites de viscosité pour l'alpax et surtout le duralumin, par rapport à l'aluminium;

c. Les valeurs relativement élevées de viscosité présentées par le nickel; à 500 et 600°, elles sont à peu près doubles de celles données par les aciers ordinaires doux et demi-doux, dans les mêmes conditions d'essais.

Influence du diamètre. — Nous avons fait quelques essais sur aluminium et duralumin avec des éprouvettes de 2^{mm} de diamètre, donc de section quatre fois plus grande que celle des éprouvettes normales utilisées antérieurement; comme le montre le tableau, nous avons trouvé une influence très nette de la dimension des éprouvettes; avec les fils de 2^{mm} de diamètre, la limite de viscosité est relevée de 500^{g} par millimètre carré environ pour l'aluminium et de 1^{kg} par millimètre carré environ pour le duralumin; cette augmentation est très sensiblement constante et indépendante de la température. Ces expériences, notamment sur l'influence du diamètre, continuent.

([1]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 661, et **183**, 1926, p. 885.

Tableau des limites de viscosité (en kg/mm²).

	15°.	100°.	200°.	300°.	350°.	500°.	600°.	700°.
Nickel	–	–	–	–	–	16,7	9,3	3,4
Aluminium (1mm)	5,6	2,7	0,7	–	–	–	–	–
Aluminium (2mm)	6,1	3,2	1,2	–	–	–	–	–
Alpax	10,0	4,9	2,9	–	–	–	–	–
Duralumin (1mm)	–	16,7	9,3	2,8	0,9	–	–	–
Duralumin (2mm)	–	–	10,5	3,8	1,8	–	–	–

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence d'un composé oxygéné du fluor.* Note de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons antérieurement décrit un nouveau procédé de préparation du fluor, basé sur l'électrolyse d'un bain de fluorures acides de potassium, fusible au-dessous de 100°, avec une cathode de fer ou de nickel.

Pour établir le rendement de nos appareils, nous avons utilisé diverses réactions, et en particulier l'action du fluor sur l'eau. On admet que, dans ce dernier cas, on obtient, en même temps que de l'acide fluorhydrique qui reste dissous, de l'oxygène et de l'ozone. Nous avons rapidement reconnu que, dans certaines opérations, et toujours au début de l'électrolyse, le mélange gazeux obtenu après intervention de l'eau sur le gaz de l'anode, supposé être du fluor pur, contenait un autre constituant nettement différencié. Il nous a été facile d'établir que la formation de ce corps était liée à la présence d'une petite quantité d'eau dans le bain d'électrolyse. D'autre part nous avons pu, par addition d'eau au bain, en augmenter considérablement la production. Les réactions qui nous ont permis de le caractériser nous ont en même temps conduits à reconnaître que c'était un composé oxygéné du fluor, ce nouveau gaz ne résultant pas de l'action du fluor sur l'eau, mais de l'action du courant sur un fluorure acide de potassium partiellement hydraté.

Nous indiquerons brièvement dans cette Note les résultats des expériences qui nous ont permis d'affirmer l'existence d'un tel composé et d'établir sa formule.

Les propriétés physiques de ce nouveau gaz ne nous ont pas permis, jusqu'ici, de l'isoler à l'état de pureté. Par refroidissement du mélange qui le contient avec de l'air récemment liquéfié, on obtient un liquide limpide, à peine teinté de jaune, dont le fractionnement n'a donné, jusqu'ici, que

de faibles variations de concentration. Il est vraisemblable que le point d'ébullition de ce corps est voisin de celui de l'oxygène, ou tout au moins, qu'à cette température, il possède une très forte tension de vapeur. On peut ajouter que l'absence d'ozone est en outre démontrée par le fait que le condensat est à peu près incolore.

L'activité chimique de ce composé est inférieure à celle du fluor; mais elle est encore assez grande pour que nous n'ayons pu le séparer de l'oxygène qui l'accompagne, oxygène provenant de l'action du fluor sur l'eau et se formant aussi en petite quantité aux dépens de l'eau dans l'électrolyse. Il a été également impossible, jusqu'ici, de l'isoler en partant du fluor brut dans lequel il se trouve à la sortie de l'appareil, avant l'action de l'eau.

C'est par l'étude de son mélange avec l'oxygène que nous avons pu en connaître les principales propriétés et la composition. Ce mélange, dont l'odeur est irritante et rappelle celle du fluor, peut se conserver sans altération sensible pendant plusieurs jours, en présence de l'eau et du verre. Pour une teneur de 25 pour 100 en gaz fluoré, la destruction, après 24 heures, ne dépasse pas 1 à 2 pour 100 à la lumière diffuse. En présence d'une solution de soude, de potasse ou de chaux, le gaz fluoré est absorbé sans changement de volume. Des déterminations quantitatives faites, nous avons pu déduire que ces réactions étaient représentées par les équations ci-dessous :

$$OF^2 + 2OKH = 2FK + O^2 + OH^2,$$
$$OF^2 + OCa = F^2Ca + O^2,$$

Avec une solution d'iodure de potassium, on observe une mise en liberté d'iode, et l'équation représentative de la réaction est la suivante :

$$OF^2 + 4IK = 2FK + OK^2 + 2I^2.$$

La contraction observée est égale au volume du gaz fluoré existant dans le mélange. La moitié de l'iode libérée réagit sur la potasse :

$$OK^2 + I^2 = IK + IOK,$$
$$3IOK = 2IK + IO^3K.$$

Nous avons titré par l'hyposulfite de sodium en milieu neutre la molécule d'iode restée libre et en milieu acide celle qui est entrée en combinaison.

D'autre part, nous avons déterminé la densité des mélanges d'oxygène et du composé oxygéné du fluor. Par l'utilisation des réactions ci-dessus,

nous avons pu connaître la composition de ces mélanges et calculer leur densité théorique.

Densités trouvées.	OF^2 pour 100. par IK.	Densité calculée.
1,259 ± 0,008 (1)	17,85	1,24
1,298 ± 0,004 (1)	25,68	1,30
1,351 ± 0,006 (2)	31,8	1,35

Ce gaz oxyfluoré est peu soluble dans l'eau, à laquelle il communique cependant une odeur appréciable. Il résiste à l'action de la chaleur beaucoup mieux que son correspondant chloré : l'anhydride hypochloreux Cl^2O. Il reste inaltéré lorsqu'on le chauffe à 125° au contact du verre.

Ces premiers résultats suffisent pour démontrer l'existence d'un composé oxygéné du fluor ayant pour formule OF^2, paraissant être plutôt un oxyde qu'un anhydride.

MINÉRALOGIE. — *Sur la genèse des gîtes uranifères de Kasolo (Katanga).* Note (3) de M. **René Van Aubel.**

La découverte que j'ai faite à Kasolo de cristaux intacts, hypogènes, d'uraninite, me conduit à proposer une explication de la genèse des gîtes uranifères du Katanga (4).

La plupart des géologues belges rapportent les filons uranifères de Kasolo aux formations hydrothermales.

Dans une étude récente, T. A. Rickard (5) les considère comme des dykes pegmatitiques. A ma connaissance, aucun filon de ce genre n'a été signalé dans cette région. Dans les filons de Kasolo, le feldspath et le mica hypogènes sont peu communs. On sait d'autre part que les minéraux

(1) Moyennes de quatre déterminations.

(2) Moyennes de deux déterminations.

(3) Séance du 12 septembre 1927.

(4) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 586. Au moment (4 août) où cette Note a été envoyée d'Elisabethville, je n'avais pas eu encore connaissance d'une Note de M. A. Schoep (*De quelques minéraux du Congo Belge : linnéite, rutile, cassitérite, uraninite, buttgenbachite*), parue dans le *Bulletin de la Société géologique de Belgique*, du 17 juin 1927.

(5) *Eng. and Mining Journ. Press*, 2 janvier 1926, p. 19.

uranifères des pegmatites sont riches en thorium et en terres rares, ce qui n'est pas le cas du minéral congolais.

La présence de cristaux d'uraninite [1], la recristallisation des roches encaissantes au contact, les associations reconnues [2], les traces de terres rares décelées par C. W. Davis [3] dans la pechblende du Katanga, rapprochent plutôt les filons uranifères de Kasolo des formations pneumo-hydrothermales, c'est-à-dire d'une classe de gîtes magmatiques, voisine du groupe stannifère, et d'un type intermédiaire entre les filons pegmatitiques et les filons hydrothermaux proprement dits [4]. Ici l'action des éléments volatils, issus du magma originel, paraît plus marquée qu'à Joachimov [5].

La position géographique du gîte de Kasolo est favorable à cette hypothèse (répartition zonaire des minerais autour des centres magmatiques). De fait, ce gisement est situé à la limite méridionale de la région cuprifère, elle-même bordée au Sud par des sédiments qu'affectent le métamorphisme régional et les émanations fumaroliennes (roches à scapolite de la Luombwe).

Si mes déductions sont exactes, l'uraninite de Kasolo est plus ancienne que la pechblende massive, analysée par C. W. Davis. D'après le savant américain, l'âge de cette pechblende, calculée par la méthode Ur-Pb-Th, serait de 665 millions d'années.

Enfin la cristallinité accusée de cette uraninite — dont dérive une pechblende pauvre en UO^2 (30,60 pour 100), mais riche en VO^3 (57 pour 100) — pose un problème. Les uraninites cristallisées sont caractérisées, en effet, par une teneur en UO^2 et un rapport $\frac{UO^2}{UO^3}$ assez élevés [6]. Si donc, pour l'uraninite cubique, le rapport $\frac{UO^2}{UO^3}$ n'est pas inverse de celui qu'accuse la

---

(1) L'uraninite cristallisée est un minéral des pegmatites; la pechblende massive est localisée plutôt dans les filons hydrothermaux (M. V. ELLSWORTH, *Radium bearing Pegmatites of Ontario, Canada. Geol. Surv., Dept. Mines, Report*, 1921, Part D, p. 57).

(2) Magnétite, oligiste, or natif, molybdénite, pyrite faiblement aurifère, traces de mispickel. D'après A. Schoep, la pechblende de Kasolo renferme : $MoO^3 = 0.32$ p. 100.

(3) *Loc. cit.*, au total : $(Y, Er)^2O^3 + (La, Di)O^3 + ZrO^2 \ldots = 0,865$ pour 100.

(4) P. NIGGLI, *Versuch einer natürl. Klassif. der im weiteren Sinne magmatischen Erzlagerstätten*, 1925 (Halle-sur-Saale), p. 16.

(5) MAX KRAUS, *Das staatl. Uranpecherzbergbaurevier bei* S. Joachimsthal *in* Böhmen (*Bergbau und Hütte*, 1924, fasc. 1-10).

(6) GERHARD KIRSCH, *Ueber die Zusammensetzung der Pechblende* (*Tschermaks min. u. petrog. Mitt.*, 38, 1925, p. 223).

pechblende massive, ce minéral constitue une exception remarquable à la règle commune. Vu les faits exposés, on ne peut considérer l'uraninite cubique comme une pseudomorphose.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Jurassique, du Crétacé inférieur et moyen sur le versant ouest de l'Antiliban.* Note (¹) de MM. **L. Picard** et **R. Soyer.**

Le Jurassique a été signalé pour la première fois au Djebel Cheikh (Mont Hermon) par Louis Lartet, en 1877 (²) qui a attribué à l'Oxfordien (zone à *Collyrites bicordata*) la zone comprise entre la plaine de Damas à l'Est et la vallée-plaine de la Bekaa à l'Ouest, Nos connaissances sur cette région de la Syrie ont été étendues ensuite par Diener (³), Noetling (⁴), Blanckenhorn (⁵) et Kober (⁶).

Jusqu'ici, ni le Jurassique ni le Crétacé inférieur n'ont été signalés dans l'Antiliban proprement dit ou Djebel ech Cherki, vaste système de chaînes parallèles qui s'étend au nord de la région de l'Hermon, jusqu'à la plaine de Homs.

Blanckenhorn a découvert le grès à Trigonies (Trigoniensandstein) à Djedideh, située sur le flanc ouest du Djebel Zebdani, à quelques kilomètres de la Bekaa et l'a attribué au Crétacé inférieur. Koert (⁷) a rencontré à Yafoufeh, au nord du Djebel Zebdani, des grès non en place.

En ce qui concerne le Crétacé moyen et supérieur, Blanckenhorn attribue au Sénonien la pente ouest et le sommet de l'Antiliban, et au Cénomanien-Turonien le plateau qui s'étend à l'est de ce massif. Cependant, au Djebel Chekif, formant le massif central de la chaîne médiane de l'Antiliban, au lieu de rencontrer le Sénonien indiqué par Blanckenhorn, nous avons relevé sur la pente ouest des formations s'étendant du Jurassique supérieur au Cénomanien. Les fossiles recueillis sont peu nombreux, mais ils indiquent l'existence d'une faune, jurassique à la base, crétacée au sommet.

De bas en haut, la succession des couches est la suivante :

Zone 1 : Jurassique moyen (?). — Ces couches affleurent sur le flanc ouest abrupt de la montagne et n'ont pu être examinées ni déterminées avec certitude.

Zone 2 : Oxfordien-Séquanien. — Calcaire brun dur, à Coralliaires *Millecrinus*

(¹) Séance du 29 août 1927.

(²) L. Lartet, *Exploration géologique de la mer Morte*, 1877, p. 51, Paris.

(³) Diener, *Libanon*, Wien, 1886, p. 1-412.

(⁴) Noetling, *Der Jura am Hermon*, Stuttgart, 1887, p. 1-46.

(⁵) Blanckenhorn, *Handb. reg. Geol.*, 5, 1914, Heft 17, Abt. 4, p. 1-157.

(⁶) Kober, *Geol. Forschungen in Norderasien* (*Denkschrift d. Mat.-Naturw. Kl. d. K. Akad.*, 91, Teil 1 B, p. 419, Wien, 1915).

(⁷) Koert, *Zeits. Deuts. Geol. Ges., Abhand.*, 76, 1925, p. 1-46.

Goupili d'Orb.; *Cidaris Glandaria* Lang.; *Rhynchonella* du groupe de *moravica* Uhlig (type II de Noetling) voisine de *Rhynchonella sp.* Blanckenhorn 1890; *Terebratula bisuffarcinata* Zieten (type I de Noetling); *Terebratula* cf. *curvirostris* Krumbeck. Épaisseur : 80 à 100^{m}.

Zone 3 : Néocomien-Aptien. — Grès de Nubie ou Trigoniensandstein de Fraas. Épaisseur : 70 à 80^{m}.

Zone 4 : Albien-Vraconnien. — Calcaires blancs à *Diplopodia Hermonensis* De Loriol. *Neithea quinquecostata* Sow. Épaisseur : 80 à 100^{m}.

Zone 5 : Cénomanien. — Argiles et Calcaires gris à *Hemiaster Syriacus* Conrad; *Hem. Saulcyanus* d'Orb.; *Hem. Batnensis* Coq.; *Exogyra flabellata* Goldf.; *Pholadomya Vignesi* Lartet. Épaisseur : 100 à 120^{m}.

La zone I montre des oolithes ferrugineuses incluses dans un calcaire argileux; elle paraît appartenir au Bajocien-Bathonien, connu dans une seule localité en Syrie-Palestine (Leslie R. Cox, 1925).

Le facies de la zone 2 et le développement des formes qu'elle renferme montre une analogie plus marquée avec les couches à *Cidaris Glandaria* de l'Hermon qu'avec les formations du Liban attribuées à cet étage. La zone à *Cidaris Glandaria* appartient certainement à l'Oxfordien-Séquanien.

La zone 3 est bien développée au Djebel Chekif, et montre l'extension des grès quartzeux lignitifères répandus dans la chaîne du Liban.

Quant aux zones 4 et 5, leur facies est identique à celui des formations du Liban. Leur faune en est bien connue depuis les récents travaux publiés sur cette région, en particulier ceux de Zumoffen. Au Merdjul Begal, situé à quelques kilomètres au nord du Djebel Chekif, dont il est séparé par une faille transversale et plus élevé d'environ 100^{m}, on retrouve le Sénonien culminant, montrant un facies de calcaires crayeux à grands Strombes caractéristiques de l'étage.

Le Djebel Chekif est limité à l'Ouest par une grande faille dont le rejet est d'environ 100^{m} à la latitude de Sergaya et qui suit la chaîne médiane de l'Antiliban sur toute sa longueur. Son importance tectonique est considérable, contrairement à l'opinion de Blanckenhorn qui a parlé d'une « faille plus ou moins importante ». L'altitude et la position tectonique des couches jurassiques du Djebel Chekif semblent bien démontrer que cette formation n'est que la continuation septentrionale des couches de l'Hermon, limitées identiquement par la rupture du bord S de ce dernier massif. Diener et Blanckenhorn avaient d'ailleurs entrevu déjà les relations de cette rupture et de la grande faille de l'Antiliban. Par contre, Kober a publié une coupe transversale de l'Antiliban représentant cette chaîne comme un anticlinal simple, n'offrant en affleurement que des couches sénoniennes et éocènes, et ce profil devra être revisé.

Il résulte de cet exposé que les couches à *Cidaris Glandaria* ne constituent pas un facies local spécial à l'Hermon, mais qu'elles ont un développement

assez considérable. L'Antiliban et l'Hermon paraissent dès lors être placés dans des conditions tectoniques tout à fait analogues et ces constatations amèneront à multiplier les recherches dans ces régions, car ce n'est qu'à la suite d'une étude d'ensemble de ces deux régions que la synthèse tectonique de la Syrie-Palestine pourra être réalisée.

GÉOLOGIE. — *La position stratigraphique des bauxites du Pays de Fenouillet.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans les Pyrénées-Orientales, à la limite de l'Aude, au Sud des Corbières, s'étend de l'Ouest à l'Est le Pays de Fenouillet, modelé dans les schistes tendres de l'Albien, et que limitent au Nord et au Sud de hautes crêtes sculptées dans les calcaires du Crétacé inférieur. La Boulzanne et le ruisseau de Maury, affluents de l'Agly, dont les cours se suivent en direction, le déterminent hydrographiquement. L'Agly lui-même le coupe transversalement.

Les calcaires des crêtes comprennent l'Aptien, de stratification concordante avec l'Albien et passant pétrographiquement aux schistes de cet étage. Les montagnes de la crête nord, qui sont profondément entamées par les gorges de Galamus et forment la montagne de Capronne, le plateau de Saint-Paul et le signal du château de Quéribus, sont représentées sur la Carte géologique de France au $\frac{1}{80000}$ (feuille Quillan) comme Aptien, que double immédiatement au Nord des dolomies jurassiques (du Jurassique moyen) qui s'appuient elles-mêmes sur le Lias.

C'est l'allure géologique des crêtes de Foix, dans l'Ariège, qui forment, beaucoup plus à l'Ouest et jusque dans le Saint-Gironnais, des chaînons et des montagnettes où le contact du Jurassique et de l'Aptien, souligné par des gîtes de bauxite, témoigne d'une interruption de sédimentation.

Des bauxites aussi ont été signalées en Pays de Fenouillet (en 1906, par M. Helson) dans la crête entre les gorges de Galamus et le château de Quéribus, au Nord de Saint-Paul.

L'on pouvait s'attendre à ce qu'elles fussent, comme aux alentours de Foix et dans le Saint-Gironnais, situées au contact des dolomies jurassiques et des calcaires aptiens. Une visite que je viens de faire des gisements m'a montré qu'il n'en est pas ainsi : *les bauxites du Pays de Fenouillet sont situées dans la masse des calcaires marquée comme Aptien sur la carte, et bien au-dessus du contact de ceux-ci avec les dolomies.*

Il est hors de doute qu'il s'agit de gîtes en place et non dérangés tectoniquement : gîtes en poches, sporadiquement répartis, et rares d'ailleurs. Situés non loin de la base des schistes albiens, ils ont uniformément pour toit un calcaire coquillier pétri de Rudistes et qui contient çà et là des Orbitolines en forme de cône aigu. Sur ce calcaire reposent des calcaires graveleux assez riches en Milioles. Le mur, corrodé, est fait de calcaires blancs, de type graveleux aussi, mais qui ne contiennent qu'exceptionnellement des Milioles. Il y a très grande analogie de faciès entre ces derniers calcaires et ceux qui, dans les Alpilles, forment aussi le mur des gîtes de bauxite et sont datés : barrémiens.

Le mur des gîtes de bauxite du Pays de Fenouillet est incontestablement crétacé. Les bauxites supportent l'Aptien ; elles sont donc d'âge anté-Aptien. Il est difficile de préciser, en l'état actuel des recherches, auquel des trois étages barrémien, hauterivien, valanginien, elles appartiennent. La masse des calcaires situés sous les bauxites confine à un lit de brèches et à des calcaires sublithographiques qui, je crois, représentent le Jurassique supérieur, lequel s'appuie directement sur les dolomies noires du Jurassique moyen.

Il y a donc eu, semble-t-il, continuité de sédimentation depuis le dépôt du Jurassique moyen jusqu'à celui des calcaires du mur des bauxites. La masse des calcaires représentés comme Aptien sur la carte géologique comprend non seulement l'Aptien, mais aussi les étages crétacés au-dessous de l'Aptien et le Jurassique supérieur. L'arrêt dans la sédimentation marine attesté par les bauxites, ce qu'on nomme une lacune, s'est produit dans le cours du Crétacé inférieur.

Il faut nécessairement étendre cette conclusion à l'histoire chronologique des terrains dans la région de Foix et dans le Saint-Gironnais.

Si les bauxites, recouvertes par les mêmes calcaires qu'en pays de Fenouillet, reposent là directement sur des dolomies ou des calcaires certainement jurassiques, c'est que l'érosion a détruit avant ou pendant l'époque de la formation de la bauxite, les calcaires du Crétacé inférieur superposés au Jurassique ; les bauxites ayant d'ailleurs, par actions d'origine éluviale, pris la place d'une partie de ces calcaires. Tout au plus pourrait-on compter que l'émersion à laquelle correspond la lacune s'est faite dans l'Ariège un peu plus tôt que dans les Pyrénées-Orientales, s'étant toutefois produite dans les deux cas dans le cours du Crétacé inférieur, pendant le Néocomien ou à la limite de ce complexe et de l'Aptien.

GÉOLOGIE. — *La structure des Massifs du Mont-Perdu, du Sestrales et de la Tendeñera en Haut-Aragon.* Note de MM. **Ch. Jacob** et **L. Mengaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Depuis les beaux travaux de M. Bresson sur la région de Gavarnie, on connaît le recouvrement, dit de Gèdre-Gavarnie, qui pousse vers le Sud le Primaire du Piméné sur une lame de Crétacé supérieur à Hippurites, dont un affleurement se suit sans discontinuité sur la paroi gauche du Gave de Pau depuis Gèdre jusqu'au Port de Gavarnie (voir la Feuille géologique de Luz au $\frac{1}{80000}$). Le front du Primaire passe par le Port de Gavarnie ([1]). Il est revêtu de calcaires crétacés qui, à l'Ouest, remontent momentanément jusqu'aux sommets-frontières situés à l'est du Pic de Gabiet. Mais, au delà du Rio Ara, la bande des calcaires crétacés continue sur le versant nord de la Tendeñera, depuis Bujaruelo jusqu'au Gallego, qu'elle traverse en aval de Polituara. Au sud de cette bande viennent, redressés à la verticale, les calcaires gréseux, roux, du Maestrichtien. Puis on trouve les calcaires blancs du Montien et des niveaux inférieurs du Nummulitique, toujours redressés à la verticale; ils forment la majeure partie de l'arête du Massif de la Tendeñera, dirigée Ouest-Est, jusqu'au Fort de Santa Elena. Enfin, en se déplaçant toujours vers le Sud, on atteint les grès nummulitiques de l'Aragon, plissotés, avec beaux exemples de cascades disharmoniques sur les calcaires précédents. Jusqu'ici, il n'y a rien que de très normal et il faut concevoir la Tendeñera comme le revêtement secondaire et tertiaire de la Zone axiale, revêtement redressé à la verticale, sans doute sous la poussée du prolongement du pli de Gavarnie.

La structure du Perdu est plus compliquée. Nous faisons abstraction des plissotements de détail des hauts du Massif. M. Mengaud en fournira ultérieurement le détail. Nous descendons dans le magnifique cañon des Arazas ou d'Ordesa. Là, au fond de cette prodigieuse entaille, M. Dalloni a déjà noté la présence des calcaires montiens. Mais ils sont surmontés de Maestrichtien et l'on retrouve le Montien au-dessus, dans l'entablement principal des hauts du Perdu. Ce doublement de la série s'explique à l'aide d'un pli couché vers le Sud; le Montien du fond d'Ordesa est le Montien

([1]) On peut suivre, au point de vue géographique, les explications de cette Note sur la Carte militaire espagnole au $\frac{1}{200000}$, feuille n° 17.

normal, qu'on remonte en amont jusque près de Bujaruelo, tandis que la série qui vient au-dessus, celle de la partie principale du Perdu, est ramenée sur la précédente et tend à chevaucher le Tertiaire de l'Aragon.

La charnière anticlinale de ce pli est des plus nettes des deux côtés de l'entaille du Rio Ara en aval du confluent avec le Rio Ordesa. Vers le Nord-Ouest, cette charnière se surélève et va disparaître en hauteur dans la Punta de Otal. Vers le Sud-Est, elle s'enfonce au contraire ou bien reste de niveau et la topographie ne recoupe plus que la carapace du pli. A vrai dire on peut suivre le trajet frontal de celui-ci, avec les couches redressées qui dominent au Nord-Est la dépression de Fanlo et de Sercué. Après quoi on atteint la profonde Garganta de Niscle. On y retrouve, au sud-ouest de la montagne du Sestrales, une magnifique charnière, avec un genou dont le flanc vertical est au Sud-Ouest. Cette disposition est bien marquée dans le Maestrichtien, au cœur duquel on voit même deux noyaux de calcaires à Hippurites. Elle est épousée aussi par les calcaires montiens. Il n'y a pas de doute pour nous : la charnière de la Punta de Otal descend, passe en avant du cañon d'Ordesa et se prolonge aussi en avant, c'est-à-dire au Sud-Ouest, du Sestrales. Au delà, vers le Sud-Est, que devient-elle ? Elle s'enfonce à l'est de Gallisué et disparaît sous les marnes nummulitiques de la région d'Escalona.

En parlant de marnes nummulitiques d'Escalona, il faut s'entendre, car la région parcourue et celle située plus au Sud-Ouest jusqu'au Val de Fiscal sur le Rio Ara montrent d'admirables passages de faciès, que le pays très découvert laisse suivre avec netteté. Le thème est le suivant : en s'éloignant de la Zone axiale, les terrains, initialement à l'état de grès ou de calcaires gréseux, passent à des calcaires francs, puis à des marnes. C'est vrai en particulier pour les niveaux montiens et pour ceux du Nummulitique inférieur. Dans le Perdu et jusqu'à la Punta de Dias, au nord-ouest de Fanlo, ils comportent, alternant avec les calcaires, des niveaux gréseux, notamment les poudingues à dragées de M. Dalloni. Plus au Sud-Est, ils sont franchement calcaires. Enfin, aux abords de Gallisué, ils viennent littéralement se fondre dans les marnes. De même, le Nummulitique supérieur à ces calcaires, entièrement gréseux à l'Ezcusana dans l'ouest du Perdu, comporte beaucoup de calcaires dans les régions de Fanlo et surtout de Yeba et de Janovas, tandis qu'il est très marneux, au moins à sa base, dans la région de Fiscal.

Les marnes correspondent donc à un faciès compréhensif qui, près d'Escalona, envahit tous les niveaux du Nummulitique inférieur, peut-être même le Maestrichtien.

MÉTÉOROLOGIE. — *Analyse chimique de la boue récoltée sur la terrasse supérieure du Musée Océanographique de Monaco, à la suite de l'orage du* 31 octobre 1926. Note [1] de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

Le 31 octobre 1926, entre 17 et 18^h, un orage très violent s'abattait sur la région de Nice. La pluie fut précédée, dans cette ville, d'une chute d'énormes grêlons (certains atteignaient un diamètre de 50^{mm}), tandis qu'à Monaco la grêle fut moins forte. Après l'orage le sol était recouvert d'une couche de boue marron, ce qui fit dire au populaire qu'il avait plu de la boue. La terrasse cimentée du Musée Océanographique de Monaco permit d'en recueillir une certaine quantité, que j'ai pu analyser.

Cette boue une fois sèche présente l'aspect d'une poussière extrêmement fine, de couleur marron clair.

Après avoir éliminé les grosses pierres qui n'en faisaient certainement pas partie, j'ai constaté par tamisages successifs que sur 100^g de poussière 97^g,29 passaient à travers le tamis de 4900 mailles au centimètre carré et que 2^g,71 étaient retenus par ce tamis, mais passaient cependant à travers celui de 2700 mailles. On se rend donc ainsi facilement compte du degré de finesse de la masse et de la facilité avec laquelle le vent qui a précédé l'orage a pu l'apporter sans doute de très loin.

C'est pourquoi il m'a paru intéressant d'en effectuer l'analyse afin de pouvoir comparer, si l'occasion s'en présentait, mes résultats avec ceux qui auraient été obtenus dans d'autres régions. On aurait peut-être ainsi le moyen de déterminer approximativement le chemin parcouru par ces poussières et remonter à l'origine du phénomène dont nous avons constaté l'issue.

La boue desséchée fait abondamment effervescence au contact des acides dilués.

Le dosage centésimal des éléments a donné les résultats suivants :

Silice en SiO^2	46,56
Alumine en Al^2O^3	10,69
Fer en Fe^2O^3	6,01
Chaux en CaO	18,09
Magnésie en MgO	2,09
Sulfates en SO^3	0,47
Carbonates en CO^2 par différence	16,09
	100,00

[1] Séance du 26 septembre 1927.

Groupement hypothétique des éléments :

Silice + alumine + oxyde de fer	63,26
Carbonate de chaux	31,67
Sulfate de chaux	0,71
Carbonate de magnésie	4,36
	100,00

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Les étages lymphoïdes du tractus digestif.* Note [1] de MM. **R. Argaud** et **G. Billard**, transmise par M. Henneguy.

Le rôle défensif dévolu au système de Aschoff est actuellement bien connu. Ce système comporte, on le sait, aussi bien des éléments isolés (*histiocytes*) que des agglomérations (*ganglions*, *amygdales*, *rate*, etc.). Si l'on considère les étapes suivies par le bol alimentaire, souillé par une flore microbienne et ses produits plus ou moins toxiques, on peut voir que au cours de ces étapes, il existe des zones où le tractus est certainement plus vulnérable à l'infection; plus vulnérable du fait d'une stagnation plus grande et, par suite, d'un contact plus prolongé, ou encore plus vulnérable au niveau des passages dont le magma alimentaire est obligé de solliciter, plus ou moins longuement, l'ouverture, avant de les franchir. Tous ces points se trouvent au niveau des transitions des muqueuses du tractus, transitions qui marquent la fin d'un organe spécialisé et le commencement d'un autre organe à fonction d'ordre différent, mais également spécialisé. De véritables barrières musculaires (*pylore*) ou des replis valvulaires (*valvule ed von Gubaroff*, *valvule iléo-cæcale*, etc.) sont adaptées à ces lieux de transition.

Nous pouvions déjà, par ces considérations, supposer que c'est surtout à ces niveaux que le système défensif doit s'organiser; par là nous est apparu l'intérêt de préciser sa topographie. Cette organisation comporte, en réalité, deux systèmes : l'un, intrinsèque, plus immédiatement au contact de la zone dangereuse (*amygdales, manchons ou plaques lymphoïdes intra-pariétaux*, etc.), l'autre extrinsèque, sous forme de véritables blockhaus plus ou moins distants du tractus (*ganglions, rate*, etc.) formant barrage entre l'organisme et les points vulnérables.

A l'origine, à l'extrémité supérieure de la voie digestive, est organisé le cercle lymphoïde de Waldeyer, avec, comme objets intrinsèques : les amygdales tonsillaires, linguale, tubaires, pharyngienne, etc. Les éléments

(1) Séance du 1er août 1927.

extrinsèques sont représentés par les ganglions cervicaux, aboutissant des diverses régions de la bouche et du pharynx. Plus bas, l'œsophage forme une sorte de couloir où passe simplement le bol alimentaire; aussi n'existe-t-il, dans la plus grande partie de ce trajet, pour ainsi dire pas d'organisation défensive remarquable. Par contre, vers le cardia, un peu en amont de l'arrêt formé par la valvule de von Gubaroff, chaque canal excréteur glandulaire traverse un follicule clos, et une infiltration lymphoïde diffuse s'étale dans toute la muqueuse, au point de constituer, parfois, une véritable amygdale : l'*amygdale œsophagienne de Glinsky*.

L'estomac se protège par l'acidité de son suc; et, de fait, on ne trouve pas de formation lymphoïde importante dans l'épaisseur de sa paroi; tout au contraire, au niveau du pylore, et surtout dans la région duodéno-pylorique, existe un système défensif très important sur lequel nous allons insister. La région duodénale constitue un carrefour dangereux du fait que le chyme stomacal est neutralisé et légèrement alcalinisé, présentant ainsi un pH favorable à des cultures microbiennes variées; de plus, les peptones, le métabolisme alimentaire en font un excellent milieu pour les microorganismes. Nous ajouterons que, là, débouchent les canaux excréteurs de glandes volumineuses et que, par ces canaux, les infections ascendantes sont redoutables, ainsi que l'enseigne la clinique. Le système défensif commence à apparaître sous forme de follicules clos isolés et s'étendra sur toute l'étendue de l'intestin grêle avec, au niveau du jejuno-iléon, une zone de prédilection pour les plaques de Peyer. Mais c'est principalement le système extrinsèque qui constitue la véritable protection du duodénum avec les arcs ganglionnaires pancréatico-duodénaux, antérieurs et postérieurs. Çà et là, des amas réticulo-endothéliaux s'hyperplasient pour former des objets plus importants comme le ganglion de Mascagni et surtout la rate.

L'un de nous a déjà attiré l'attention sur ce fait que la splénectomie est suivie de néoformations splénoïdes autour de cette région duodénale, ce qui tend bien à démontrer le rôle à cet endroit, du tissu réticulo-endothélial.

Nous avons de plus remarqué que, par exemple, au cours des cirrhoses, les cellules de Kupffer disparaissent, étouffées par la sclérose; mais que la trame réticulo-endothéliale de la rate s'hyperplasie par vicariance (mégalosplénie cirrhotique). Tout se passe, à ce niveau, comme si la vulnérabilité du milieu suscitait l'apparition d'un système de défense; comme si une chimiotaxie positive provoquait une néogenèse en une région précise, preuves qui nous paraissent nettement en faveur de notre conception.

Le reste de l'intestin présente, nous l'avons vu, une considérable organisation de défense intrinsèque avec ses plaques de Peyer. Au niveau de la valvule ileo-cæcale, l'appendice et tout le système lymphoïde sur lequel Portier insista récemment, consituent un barrage irréfutable. Chez certains animaux (lapin, par exemple) existe, à cet endroit, une véritable amygdale (*Sacculus rotundus*).

Nous croyons donc avoir succinctement démontré l'étagement du système lymphoïde contre les infections, au niveau des points vulnérables du tractus digestif [1]. Aussi, est-ce avec intérêt que nous avons vu exposer, par Vincent Lyon du collège médical de Jefferson, une conception qui, par certains points se rapproche de la nôtre :

« Les amygdales palatines constituent la première barrière, la première ligne de défense vis-à-vis de l'infection bactérienne venue du dehors. Consécutivement viennent les amygdales linguales, le tissu adénoïdien rhino-pharyngé et les ganglions situés à la racine de l'arbre bronchique qui peuvent être considérés comme des amygdales bronchiques. Dans le tractus gastro-intestinal, il n'y a pas de tissu lymphoïde important jusqu'aux intestins. Seul l'appendice, si tant est qu'il possède une fonction, peut être considéré eomme un ganglion lymphatique accessoire et, étant donnée la fréquence de son infection, doit être considéré comme une amygdale abdominale. » (*Presse médicale*, 30 octobre 1926.)

Nous nous réservons de développer longuement le rôle des étages lymphoïde du tractus digestif (partiellement entrevu par V. Lyon), dans les maladies infectieuses, dans la tuberculose et le cancer.

ZOOLOGIE. — *Sur un caractère somatométrique des* Nereus. Note [2] de M. G. **Athanassopoulos**, présentée par M. L. Joubin.

En examinant certaines espèces de poissons du genre *Epinephelus*, j'ai eu l'occasion de mesurer la quantité $d = 2E - H$, où E est l'épaisseur maxima du corps et H la hauteur du tronc du poisson.

---

(1) Un étagement identique se rencontre sur le tractus respiratoire avec, comme formation : les amygdales glosso-épiglotiques, les amygdales laryngées de Frenkel, le groupe trachéo-bronchique de Baretti, le thymus chez l'enfant, et enfin les plages lymphoïdes intrapulmonaires et intrapleurales.

(2) Séance du 1er août 1927.

Voici les résultats pour les espèces mesurées :

Espèce.	Longueur totale.	Hauteur du tronc.	Épaisseur maxima du corps.	Valeur de *d*.
Epineph. acutirostris	0,314	0,082	0,034	—0,014
	0,295	0,072	0,030	—0,012
	0,311	0,075	0,0335	—0,008.
	0,246	0,072	0,0335	—0,005
Epineph. alexandrinus	0,310	0,086	0,030	—0,026
	0,235	0,055	0,024	—0,007
	0,046	0,069	0,0315	—0,006
	0,175	0,047	0,022	—0,003
	0,235	0,055	0,024	—0,007
	0,259	0,061	0,029	—0,003
	0,223	0,050	0,025	0,000
Epineph. caninus	0,180	0,0385	0,022	+0,055
	0,287	0,0695	0,037	+0,0045
Epineph. æneus	0,193	0,044	0,0225	+0,001
	0,195	0,0415	0,0235	+0,0055
	0,163	0,035	0,019	+0,003
Epineph. gigas	0,210	0,047	0,030	+0,013
	0,280	0,080	0,054	+0,028
	0,290	0,078	0,057	+0,036

Nous voyons sur ce tableau que, suivant la valeur de l'élément *d*, nous pouvons classer les *Nereus* en deux groupes principaux : ceux qui ont l'élément *d* positif et ceux qui l'ont négatif. Les deux extrêmes sont occupés par les espèces *Epinephelus gigas* (positif) et *Epineph. acutirostris* (négatif). Entre ces deux formes bien nettes s'intercalent les formes intermédiaires des autres espèces.

Nous avons donc à tirer de cette observation deux résultats bien nets : 1° Il y a une graduation progressive d'une espèce de *Nereus* à l'autre ; elles ne se séparent pas d'une manière brusque et nette, quant à la formation du corps. 2° Nous pouvons reconnaître les formes typiques facilement, en mesurant la quantité *d*.

Nous avons des résultats analogues en examinant les *Muges* (*M. cefalus*, *M. saliens*, *M. auratus*, *M. chelo*) dont la distinction est souvent difficile vu les cas nombreux d'hybridation [1].

Il est à noter que chez les *Mérous*, le *d* est en relation étroite avec le genre

---

[1] G. Athanassopoulos, *Sulla distinzione dei Muggini ecc.* (*Annali del Museo civico di Storia Naturale* 3, viii, 1919).

de vie du poisson. Les espèces à *d* négatif ont le corps mince, élancé et sont de bons nageurs; celles à *d* positif ont, par contre, le corps lourd, massif, trapu, les mouvements plus lents et vivent au fond, contrairement aux autres qui sont plutôt pélagiques.

PHYSIOLOGIE. — *Les localisations cérébrales motrices chez les Vertébrés inférieurs*. Note de M. et Mme **A. Chauchard**, présentée par M. L. Mangin.

Nos expériences out montré (1) qu'il existe à la surface des lobes optiques, chez les Poissons, toute une série de zones dont l'excitation s'accompagne de mouvements bien systématisés dans les divers segments du corps; l'excitation électrique des lobes antérieurs ne provoque, pour une intensité convenable, aucune réponse musculaire, ce qui est en accord avec le fait que le pallium du cerveau antérieur est constitué chez ces animaux par du tissu épithélial sans cellules nerveuses.

Les Batraciens sont pourvus d'une écorce cérébrale rudimentaire dans laquelle des cellules nerveuses se montrent en petit nombre et sous forme d'amas irréguliers (Ramon y Cajal). Existe-t-il des localisations motrices dans cette écorce primitive? Ferrier, le premier, l'explora sur la Grenouille à la bobine d'induction; il provoqua des mouvements généralisés sans systématisation, dus vraisemblablement à la diffusion d'un courant de forte intensité sur une surface encéphalique réduite. Dans ses conditions d'expérience, il était difficile de localiser les excitations. Cela devient possible avec le dispositif de Lapicque (circuit d'excitation par décharges de condensateurs de capacités graduées ou courant constant à durée de passage réglable) à condition de se servir d'électrodes impolarisables très fines.

Comme animaux d'expériences, nous nous sommes adressés à la Grenouille (*Rana esculenta*, *R. temporaria*). L'encéphale étant mis à nu, on en explore les diverses régions avec un excitateur bipolaire constitué par deux fils ténus d'argent chloruré à extrémité mousse. Sur les hémisphères, des stimulus d'intensité moyenne ne s'accompagnent d'aucune réponse musculaire; des excitations de plus en plus fortes finissent toutefois par déterminer des mouvements généralisés dus à la diffusion du courant. Par contre, à la surface des lobes optiques, nous avons, comme chez les Poissons, mis en évidence des zones dont l'excitation provoque des mouvements

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 696.

croisés de tel ou tel segment du corps suivant le point excité : au tiers antérieur du lobe optique, mouvements de la patte postérieure; au tiers moyen externe, mouvements de l'œil; au tiers postérieur, mouvements de la patte antérieure.

Sur un encéphale aussi petit que celui des grenouilles de nos pays il n'est pas possible de préciser des points aussi nombreux que sur celui d'animaux de grande taille et c'est par tâtonnement que nous retrouvons les localisations, mais, toujours, elles sont situées dans les régions que nous venons d'indiquer.

En présence de localisations aussi nettes, il était indiqué de mesurer l'excitabilité de ces diverses zones des lobes optiques chez les Poissons et les Batraciens. Nous avons utilisé la même technique que pour nos recherches quantitatives sur l'écorce cérébrale des Mammifères [1]; la chronaxie est déterminée soit par la méthode des condensateurs, la préparation étant shuntée, soit au moyen du chronaximètre. Les animaux d'expériences ont été, pour les Poissons : *Trygon vulgaris, Myliobatis aquila, Mugil auratus, M. cephalus, Trigla gurnardus, Cottus scorpius, Labrus berggylta;* pour les Batraciens : *Rana esculenta, R. Temporaria.*

Dans tous les cas, la valeur de la chronaxie est de l'ordre du dix-millième de seconde. Chez *Cottus bubalis*, par exemple, la chronaxie du point dont l'excitation provoque le redressement de la nageoire dorsale antérieure est de 0,0002 seconde; pour l'étalement de la nageoire pectorale, elle varie de 0,0002 à 0,0003 seconde, pour les mouvements latéraux de la queue, de 0,00025 à 0,0003 seconde. Chez *Labrus berggylta*, nous relevons des chronaxies de 0,00022 pour la nageoire pectorale et de 0,00025 pour la queue. Les rhéobases sont en général d'une fraction de volt et ne dépassent pas 2 volts. Toutes les espèces de poissons que nous avons étudiées nous donnent des valeurs identiques ou voisines. Il en est de même pour les Batraciens, mais les mesures, sur un individu donné, présentent moins de stabilité.

Dans une étude antérieure, nous avons montré que chez les Poissons le défaut de réponse motrice aux excitations des lobes antérieurs de l'encéphale, les lobes optiques étant, au contraire, sensibles à ces excitations, s'accorde avec les notions tant anatomiques que physiologiques déjà connues. La même concordance se rencontre chez la Grenouille. En effet Max Schrader a observé que l'ablation des seuls hémisphères cérébraux

---

[1] *Bull. Soc. de Biologie*, 92, 1925, p. 955.

n'empêche pas une Grenouille de se comporter normalement et d'exécuter des mouvements spontanés, les troubles graves et permanents de la motilité ne survenant qu'après la destruction des lobes optiques. D'autre part Mme Lapicque, recherchant l'action des centres encéphaliques sur la chronaxie des nerfs moteurs, aboutit à cette conclusion que « l'ablation des hémisphères change à peine les chiffres trouvés sur la Grenouille intacte, tandis qu'après l'ablation des lobes optiques, on trouve une diminution considérable du voltage rhéobasique et la même chronaxie qu'après la section du nerf ».

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du thorium X sur l'activité de l'émulsine.* Note de M. **Alfred Maubert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Comme suite à nos précédentes recherches sur la catalase ([1]) et la laccase ([2]), nous avons examiné l'influence du thorium X sur l'émulsine ([3]).

Nous avons limité nos recherches à l'action de l'émulsine sur l'amygdaloside (autrefois amygdaline); mais nous avons effectué à ce sujet une trentaine de séries d'expériences.

I. *Dispositif expérimental.* — Dans chaque série, on disposait un certain nombre de tubes à essais qui contenaient chacun 10^{cm^3} de solution d'amygdaloside (à 2 pour 100) et 1^{cm^3} de solution d'émulsine (à 0,10 pour 100). On ajoutait à ce mélange des quantités croissantes de solution de bromure de thorium X et l'on complétait à 20^{cm^3} le volume du liquide dans chaque tube par addition d'eau distillée. Dans certaines expériences, le thorium X était introduit au sein du milieu diastasique en ampoule close en vue d'étudier l'action des seuls rayons β et γ capables de traverser la paroi de verre de l'ampoule à l'exclusion des α

D'autre part, *quatre témoins* complétaient généralement la série, dont on trouvera la description dans le tableau ci-après.

Des expériences préliminaires ont été faites pour étudier l'action possible du baryum, impureté habituelle des solutions de thorium X employées. Cet élément n'exerce aucune influence notable sur l'activité de l'émulsine, du moins dans la proportion où il existe dans les solutions radioactives employées

II. *Technique.* — Dans chaque série, les tubes ont été maintenus tous ensemble

---

([1]) A. Maubert, L. Jaloustre et P. Lemay, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1502; 180, 1925, p. 1205. — A. Maubert, L. Jaloustre, P. Lemay et Guilbert, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 889.

([2]) A. Maubert, *Comptes rendus*, 184, 1927 p. 781.

([3]) Suivant les indications de E. Laborde et L. Jaloustre.

pendant 30 minutes à la température de 45° C., puis portés à l'ébullition pendant 3 minutes.

On procédait ensuite au dosage du glucose par le procédé classique de Gabriel Bertrand.

III. *Résultats.* — Nous nous bornerons à reproduire ci-dessous, comme type, l'un de nos trente tableaux d'expérience.

Tableau type des résultats expérimentaux.

Numéro des tubes.	Solutions d'émulsine en cm³.	Solutions d'amygdal. en cm³.	Microgr. de thorium X.	Milligr. de glucose.	Observations.
Témoin 1...	1	10	0	33	Quantité de glucose libérée sans intervention d'éléments modificateurs.
» 2...	1	0	0	0	La solution d'émulsine ne réduit pas elle-même la liqueur cuproalcaline.
» 3...	0	10	70	0	Le thorium X seul ne dédouble pas l'émulsine.
» 4...	1 ([a])	10	0	0	L'émulsine bouillie n'agit plus sur l'amygdaloside.
Tube 5...	1	10	0,5	35	Les faibles activités augmentent le pouvoir dédoublant de l'émulsine.
» 6...	1	10	0,75	36	
» 7...	1	10	1	32	A partir de cette concentration radioactive, l'effet du thorium X devient paralysant pour l'émulsine.
» 8...	1	10	5	28	L'effet paralysant s'accentue.
» 9...	1	10	10	23	Id.
» 10...	1	10	30	16	Id.
» 11...	1	10	75	12	Id.
» 12...	1	10	150	moins de 10	Id.
» 13...	1	10	240	0	L'activité de l'émulsine est détruite à cette concentration radioactive.
» 14...	1	10	([b])	32	L'effet est beaucoup plus faible que l'action résultante du rayonnement total et semble légèrement paralysant.

([a]) Émulsine bouillie.
([b]) Immersion d'une ampoule de 240 micros non brisée.

IV. *Conclusions.* — 1° A très faibles concentrations (jusque vers $\frac{1}{20}$ de microgramme par centimètre cube) le thorium X paraît exercer par son rayonnement total un effet accélérateur de l'action de l'émulsine sur l'amygdaloside.

2° A concentrations plus élevées, l'effet semble devenir de plus en plus paralysant jusque vers une concentration de 12$^{\gamma}$ par centimètre cube où

l'activité de cette diastase semble être détruite ou du moins complètement paralysée par l'action du rayonnement total du thorium X.

3° Les rayonnements pénétrants, bêta et surtout gamma, agissant seuls, exercent aux mêmes concentrations des effets beaucoup plus faibles sur l'activité de l'émulsine. A une concentration radioactive de 12^{γ} de thorium X par centimètre cube (en ampoule close), l'effet semble légèrement paralysant.

4°. Il en résulte donc que l'influence accélératrice serait due à l'intervention du rayonnement alpha.

PARASITOLOGIE. — *Sur un Champignon parasite du* Reticulitermes lucifugus *Rossi*. Note de MM. **Jean Feytaud** et **René Dieuzeide**, présentée par M. Paul Marchal.

A différentes reprises depuis 1922, nous avons remarqué, parmi les *Reticulitermes lucifugus* Rossi de la région bordelaise, des ouvriers porteurs de taches brunes que l'examen microscopique nous faisait reconnaître comme de nature cryptogamique.

Des formations semblables ont été signalées par Snyder [1] sur des *Reticulitermes* des États-Unis d'Amérique et par Reichensperger (dans le *Bull. Soc. fribourgeoise des Sciences naturelles*, 26) sur des *Eutermes*, *Hodotermes* et *Cornitermes* d'Afrique et de l'Amérique méridionale.

Thaxter [2] a donné le nom générique de *Termitaria* et créé immédiatement deux espèces : *T. Snyderi* (sur *Reticulitermes*) et *T. coronata* (sur *Eutermes*), auxquelles Reichensperger ajouta *T. Thaxteri* (sur *Eutermes et Cornitermes*).

Ces champignons imparfaits, qui semblent se rapprocher des Leptostromacées, se présentent sous l'aspect de petits disques circulaires ou étirés, de teinte grisâtre avec le bord noir, situés en des points quelconques, sur la tête, le thorax, l'abdomen ou les appendices du Termite. La surface, examinée directement sous le microscope, forme un réseau dont les mailles polygonales correspondent à l'extrémité des filaments sporogènes dressés.

---

(1) Th. E. Synder, *Biology of the Termites of the eastern United States, with preventive and remedial measures* (*U. S. Dep. Agric. Bur. Entom.*, Bull. n° 94, Part. II, Washington, 1915).

(2) Roland Thaxter, *Second note en certain peculiar Fungus parasites of living Insects* (*Botanical Gazette*, 69, 1, 1920).

Le plan profond est occupé par des cellules piriformes, à paroi épaisse, disposées en files rayonnantes et considérées comme des chlamydospores. La marge est constituée par des hyphes stériles. L'ensemble du gâteau sporogène est fixé par une sorte de pédicule enraciné à travers la chitine.

Les auteurs précédents n'ont observé que cette production externe, tandis que notre étude, poussée plus à fond, montre l'envahissement total de l'insecte.

Le *Termitaria* est donc essentiellement un parasite interne et non un simple ectoparasite comme on l'avait cru tout d'abord.

Il se présente sous forme de stromas ou faisceaux mycéliens hérissés de ramifications courtes et donnant naissance aux filaments libres, plus ou moins ramifiés et enchevêtrés.

Le tissu adipeux, enserré dans le réseau mycélien, est altéré par places, tandis que l'appareil digestif et le système nerveux sont intacts. Hypoderme et chitine sont détruits pour livrer passage au pédicule de l'hyménium et subissent d'ailleurs, autour de la brèche, une altération certaine (disparition des cellules, présence de grands amœbocytes, colorations anormales).

Au point de vue spécifique, le *Termitaria* du *R. lucifugus* Rossi de Bordeaux se rapproche beaucoup du *T. Snyderi* Thaxter, mais la comparaison de nos coupes avec les dessins de l'auteur américain montre qu'il en différerait par plusieurs caractères, notamment par les spores prismatiques, par les chlamydospores piriformes disposées en chaînettes radiaires, et par l'absence de poils passant au travers de l'hyménium.

L'affection est contagieuse : les Termites ne sont pas atteints isolément, mais par séries, de telle sorte qu'on trouve des colonies à *Termitaria*, où le champignon se perpétue durant des années, sans que la proportion des individus porteurs de disques sporogènes soit jamais bien grande (5 pour 1000 au plus dans nos observations).

Notons d'ailleurs que malgré l'envahissement de leur organisme, les Termites restent actifs et gardent leur agilité coutumière, à moins que l'hyménium ne se développe sur la face interne d'une patte ou sur une articulation.

PROTISTOLOGIE. — *Sur deux Protozoaires nouveaux parasites des chenilles de* Pyrausta nubilalis *Hb.* Note [1] de M. **A. Paillot**, transmise par M. F. Mesnil.

Il résulte de nos recherches antérieures que les Bactéries jouent en général, dans la destruction naturelle des Insectes nuisibles, un rôle nettement moins important que les Protozoaires ou les virus ultramicroscopiques. Nos recherches actuelles sur *Pyrausta nubilalis* semblent aboutir aux mêmes conclusions. Nous avons eu l'occasion d'étudier deux maladies à Protozoaires : l'une, assez fréquente dans certaines régions de l'Est, a pour cause une Microsporidie voisine de celles que nous avons étudiées chez *Pieris brassicæ;* l'autre, très rare semble-t-il, a pour cause un Flagellé.

La première maladie, d'allure nettement épidémique, a été observée assez fréquemment dans deux régions du Jura : celles de Bletterans et de Chaussin. Extérieurement, les chenilles malades ne se différencient pas des chenilles saines. Le parasite se rencontre surtout dans les tubes de Malpighi, et dans les glandes séricigènes; les tubes de Malpighi apparaissent très hypertrophiés et prennent une teinte blanchâtre plus accentuée dans la convexité des anses; les glandes séricigènes deviennent plus ou moins opaques. La maladie est transmissible d'individu à individu par la voie intestinale.

Le cycle biologique du parasite de *Pyrausta* est assez voisin de celui de *Perezia mesnili* Pail.

Les stades végétatifs sont caractérisés par l'abondance des individus se multipliant dans une seule direction; la plupart sont à double noyau. Les sporoblastes présentent des caractères identiques à ceux de *P. mesnili.* La structure de la spore diffère par contre sensiblement de celle de cette dernière espèce : les deux noyaux sont en général rectilignes et disposés parallèlement au petit axe de la spore; le filament polaire est difficile à mettre en évidence; ce n'est que dans des cas assez rares qu'on peut arriver à teinter faiblement par le Giemsa quelques tours de spire de ce filament.

Nous proposons de donner le nom de *Perezia pyrausta* à la Microsporidie parasite de *Pyrausta nubilalis.*

La flagellose est caractérisée par l'abondance des parasites dans la lumière des tubes de Malpighi, qui apparaissent très hypertrophiés et

[1] Séance du 20 septembre 1927.

prennent une teinte grisâtre, et dans celle du tube intestinal. On observe, entre les individus de l'un et l'autre organe, des différences de structure

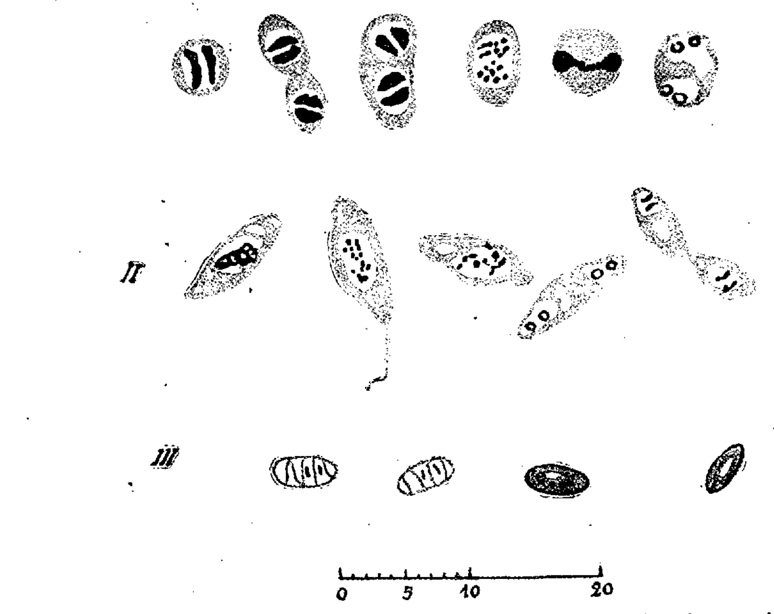


Fig. I. — Stades évolutifs de *Perezia pyrausta* nov. sp. I, stades de schyzogonie; II, stades de sporogonie; III, spores.

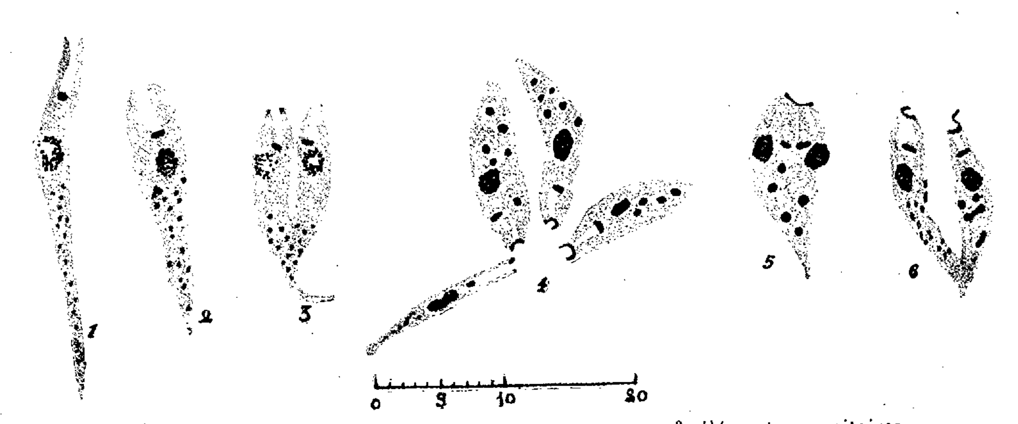


Fig. II. — Stades évolutifs de *Leptomonas pyraustæ*. 1-3, éléments parasitaires des tubes de Malpighi; 4-6, éléments du tube digestif.

assez curieuses. Ceux du tube intestinal sont riches en inclusions chromatophiles qui atteignent parfois des dimensions considérables (*fig.* I, 4 et 5). Le blépharoplaste, allongé dans le sens transversal, occupe une position antérieure par rapport au noyau et se trouve placé au fond

d'une véritable cavité protoplasmique dont l'entrée présente une sorte de bordure éosinophile qui semble parfois se prolonger en flagelle court (*fig.* II, 6). Dans la plupart des cas, il est impossible de mettre en évidence un appareil flagellaire; certains individus, sinon tous, sont cependant doués de mouvement : ils oscillent sur eux-mêmes et se déplacent assez rapidement en avant ou en arrière. La division a lieu suivant le processus ordinaire; le blépharoplaste rétrograde et se place sur le même plan que le noyau. On observe, comme chez tous les Flagellés, des éléments en rosace. Il existe aussi des éléments aciculés à noyau allongé, à blépharoplaste plutôt globuleux et des individus renflés à noyau arrondi.

Dans les tubes de Malpighi, on n'observe qu'une seule catégorie d'éléments dont la taille varie suivant l'état de développement. Ces individus ont un noyau généralement granuleux, plus dense à la phériphérie que dans la partie centrale (*fig.* II, 1 et 3); les grains chromatophiles de la partie postérieure du corps sont toujours petits; la partie antérieure du corps est creusée d'une cavité au fond de laquelle se trouve le blépharoplaste. Il n'existe aucune trace de bordure éosinophile ni de flagelle.

Malgré la différence assez considérable des caractères morphologiques, nous rangerons le parasite de *Pyrausta* dans le même genre que celui du parasite d'*Agrotis pronubana* et nous proposerons de lui donner le nom de *Leptomonas pyraustæ*.

PROTISTOLOGIE. — *Le cycle évolutif de l'Infusoire* Fœttingeria actiniarum. *Nécessité d'un second hôte crustacé.* Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

L'Infusoire parasite de la cavité gastro-vasculaire des Actinies, découvert par Claparède (1863) et revu par Jourdan (1880), est bien connu dans sa morphologie générale depuis le travail de Caullery et Mesnil (1903) qui en ont fait le genre *Fœttingeria*. Ces savants ont prévu que la multiplication devait s'effectuer par division multiple sous un kyste. C'est ce qu'a, en effet, constaté De Morgan. Il a montré qu'elle consiste en une série de bipartitions précipitées, ce que nous appelons une *palintomie*. De Morgan ne s'est pas préoccupé du sort des petis ciliés éclos en foule du kyste palintomique, comme s'il avait admis — et qui ne l'eût fait tout d'abord — la réinfestation directe, par eux, de l'Actinie.

Or les expériences destinées à vérifier cette hypothèse ne nous donnèrent

que des résultats négatifs ou douteux. Les parasites observés dans les Actinies soumises à l'infestation expérimentale — se superposant à une infection naturelle difficile à éliminer — ne correspondaient, ni par leur stade, ni par leur nombre, aux jeunes ciliés (tomites) utilisés en grand nombre pour l'infestation. Une autre hypothèse s'imposait d'ailleurs à nous.

Chez d'autres formes que nous avons fait connaître dans la famille des *Fœttingeriidæ* (*Spirophrya*) ou que nous lui avons rattachées (*Polyspira*, *Gymnodinioïdes*) (¹), le jeune Cilié, issu du kyste palintomique, ou tomite, n'est jamais immédiatement apte à la vie trophique. Il passe nécessairement par un stade, où, enkysté sur un Crustacé, il subit une profonde métamorphose (kyste phorétique) d'une durée de quelques heures, qui est la condition de son éclosion. Celle-ci est déterminée chez les *Spirophrya* par la mort du Copépode ingéré par un prédateur (Hydraire, Actinie, Cténophore, Chætognathe, Ptéropode, etc.), ou chez les *Polyspira* et les *Gymnodinioides* par la mue du Malacostracé porteur. Après quoi le Cilié, pénétrant dans la dépouille, s'y nourrit et s'y accroît (stade trophonte). C'est au terme de cette croissance, suivie d'une nouvelle métamorphose de la ciliature, que, fermant le cycle, s'effectue la multiplication palintomique.

Observant, d'autre part, que la structure des tomites est constante jusqu'aux plus petits détails dans toute la famille, nous en concluions que son comportement ne devait pas être moins uniforme, et nous étions ainsi amenés à concevoir l'existence nécessaire, dans le cycle de la *Fœttingeria*, d'un stade phorétique, condition *sine qua non* du retour des jeunes Ciliés à l'Actinie et de leur aptitude à s'y développer.

L'expérience, faite au mois d'août à Roscoff sur des *Fœttingeria* parasites d'*Actinia equina*, confirma aussitôt et pleinement cette hypothèse. On met, à la portée de tomites éclos du kyste palintomique, des Crustacés divers : Copépodes (*Idya furcata*), Ostracodes, Amphipodes (*Gammarus marinus*, Tanaidés, Caprelles), Isopodes (*Spheroma*), Décapodes (*Carcinus*). On voit les tomites se rassembler autour du Crustacé, errer sur lui, s'y arrêter puis s'y fixer et y sécréter un kyste pédonculé (kyste phorétique). Le tactisme des tomites pour les Crustacés est très manifeste. Chez tous, ils se localisent et s'entassent sur des territoires bien définis du tégument, les mêmes pour tous les individus d'une espèce.

On infecte les Actinies d'une manière massive en leur faisant ingérer ces Crustacés porteurs de kystes phorétiques. Mais, si la fixation sur le Crus-

(¹) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1642 et 1850; **180**, 1925, p. 229 et 338; **182**, 1926, p. 100; **183**, 1926, p. 1131.

tacé est possible d'emblée, l'éclosion du kyste phorétique nécessite au contraire un certain délai : le temps que met à s'effectuer la métamorphose, qui, du plan méridien du tomite, mène au plan hélicoïde du trophonte, 15 à 20 heures au bout desquelles les Infusoires se dékystent, si, avec leur hôte, ils sont ingérés par une Actinie. Et si le contenu de celle-ci peut être examiné par transparence, on y voit évoluer une foule de petits trophontes, tous au même stade; le tableau est tel qu'il ne peut être confondu avec celui de l'injection naturelle. En un mois environ, l'Infusoire atteint sa taille maxima.

Le plein et constant succès de l'infestation indirecte, la démonstration du délai nécessaire à la métamorphose phorétique, éliminent pour nous la possibilité de l'infestation directe. L'infestation facile des Crustacés de tous ordres explique la fréquence et l'ubiquité relative de l'infection des Actinies.

La *Fœttingeria* avec laquelle les autres formes de la famille, toutes parasites des Crustacés, présentent les plus étroites homologies morphologiques et œcologiques, paraissait jusqu'ici s'écarter d'elles par la nature de son hôte. La démonstration de son passage nécessaire sur les Crustacés, le fait qu'elle s'y dékyste quand ils muent et qu'elle pénètre dans la mue comme les autres espèces exuvicoles, la fait entrer, à ces points de vue aussi, dans la norme de la famille et doit la faire tenir pour un parasite de Crustacé secondairement installé chez les Actinies.

Avec le *Pericaryon cesticola*, qui est aux Cténaires ce qu'elle est aux Cnidaires, et chez lequel on doit retrouver une évolution analogue, elle est le terme d'une série éthologique qui débute par des formes évoluant par les seuls Crustacés (*Polyspira*, *Gymnodinioïdes*, *Synophrya*) et se continue par les *Spirophrya* évoluant par les Copépodes d'une part et d'autre part, tout à fait transitoirement, par les prédateurs de ceux-ci et en premier lieu les Cœlentérés.

On aura plus tard, dans cette série ou en marge d'elle, les Opalinopsides des Céphalopodes, dont les affinités avec les *Fœttingeriidæ* ne font, pour nous, plus de doute et dont il est maintenant indiqué de chercher à compléter le cycle dans le sens d'une évolution par un Crustacé qui jouerait vis-à-vis du Mollusque le rôle qu'il joue pour la *Fœttingeria* vis-à-vis de l'Actinie.

Ajoutons que la *Fœttingeria* est le premier exemple d'un Infusoire dont l'évolution s'effectue par deux hôtes différents.

PROTISTOLOGIE. — *Le comportement et le rôle de la vacuole contractile d'une amibe d'eau douce.* Note de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. F. Mesnil.

L'amibe du genre *Hartmannella* sur laquelle j'expérimente en culture pure mixte et que j'ai décrite ailleurs, possède une vacuole contractile permanente assez volumineuse. Dans l'eau pure, la vacuole d'un individu sain bat à raison d'environ une pulsation toutes les 40 secondes; sa diastole est lente, sa systole très courte (moins d'une seconde). Dans le milieu où j'ai accoutumé de cultiver les amibes (solution de peptone à 1,5 pour 1000, en laquelle j'ensemence une bactérie du groupe *fluorescens*), le rythme des pulsations est notablement plus lent : la période varie entre 70 et 120 secondes; les battements sont plus irréguliers, les contractions souvent lentes (10 à 15 secondes) et incomplètes. Mais, au moment où une amibe va entrer en division, le rythme de la vacuole s'accélère toujours : les intervalles entre les systoles sont de moins de 60 secondes. Après la période de la multiplication, le rythme de la vacuole se ralentit beaucoup chez les amibes qui restent à l'état végétatif; les intervalles entre les pulsations, très inégaux, sont de près de 2 minutes; ils sont parfois beaucoup plus longs, et atteignent ou dépassent 5 minutes; la vacuole est hypertrophique à la diastole; les contractions sont lentes et faibles. Au contraire chez les amibes contemporaines qui sont en voie d'enkystement, la vacuole passe par un renouveau d'activité : elle bat à raison de 2 pulsations par minute. Sa systole est brusque. Ce n'est que lorsque le kyste est définitivement constitué que la vacuole ralentit ses battements, diminue de volume à chaque diastole; et devient finalement imperceptible.

Si l'on ajoute à ces observations que, dans les amibes en voie de cytolyse, la vacuole est énorme, mais ses pulsations extrêmement lentes, et qu'elles finissent par s'arrêter, on comprendra que l'hypertrophie de la vacuole à la diastole, la lenteur de la systole, l'irrégularité des pulsations et le ralentissement de leur rythme sont autant de symptômes morbides. Au contraire, un rythme régulier, rapide, une diastole faible, une systole brusque témoignent d'une parfaite santé. Ils accompagnent les principaux événements de la vie des amibes : division, enkystement. L'on peut alors conclure avec Pénard (1912) que « l'activité de cette vésicule est en raison directe de l'activité de l'animal lui-même ».

Ce rapport s'explique aisément si l'on considère, à la suite de Pénard et

de Herfs (1922), la vacuole contractile comme un organe de compensation, « destiné à annuler les effets d'une endosmose trop forte », « un régulateur du trop-plein ». L'enkystement s'accompagne en effet d'un phénomène de déshydratation, ainsi que je l'ai montré dans une récente Note; or c'est précisément à ce moment que le rythme de la vacuole s'accélère. Il est possible qu'il en soit de même au moment de la division : la rapidité des pulsations entraîne peut-être aussi une déshydratation du protoplasme. La forme sphérique et ramassée, l'aspect homogène de l'amibe en division invitent à le penser; on peut d'ailleurs évaluer le volume d'une amibe à ce stade (il est d'environ 900^{μ^3}), mais comme on ne peut apprécier celui d'une amibe mobile et sans forme définie, la comparaison n'est pas aisée, et l'on ne peut affirmer avec certitudc qu'il y ait une diminution de volume due à une perte d'eau.

Des observations d'un autre ordre confirment mieux eneore l'interprétation proposée du rôle de la vacuole. Zuelzer (1907), ayant adapté progressivement des amibes à l'eau de mer, constatait que leur vacuole pulsatile disparaissait quand on augmentait la concentration du milieu, et qu'elle reparaissait quand les amibes étaient réadaptées à l'eau douce. Herfs, dans un même ordre d'idées, observe le ralentissement du rythme des pulsations de la vacuole dans les solutions salines. J'ai refait les expériences de Zuelzer avec des solutions de sels purs ($NaCl$, KBr, $MgCl^2$) et j'ai observé la disparition de la vacuole dès les faibles concentrations (celles de 5 à 10 pour 1000). On observe parfois encore une petite cavité, sorte de cicatricule qui ne se dilate ni ne se contracte; dans les solutions à 20 pour 1000 de NaCl et à 40 pour 1000 de KBr, j'ai aussi noté chez certaines amibes la présence d'une assez grosse vacuole. J'ai pu suivre l'une d'elles pendant 40 minutes, une autre pendant plusieurs heures sans observer aucune pulsation. Il ne s'agissait donc pas d'une vacuole contractile. Si au contraire on reporte les amibes dans des milieux non salés ou dans l'eau distillée, la vacuole reparaît et se remet à battre à un rythme normal. Ces expériences mettent en évidence l'influence de la pression osmotique sur la vésicule contractile. Le rôle de celle-ci paraît bien être celui d'un organe régulateur, destiné à augmenter la pression osmotique du milieu intérieur.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1926 (*suite*).

Transactions of the american mathematical Society. New-York.
Transactions of the astronomical Observatory of Yale University. New-Haven.
Transactions of the Edinburgh geological Society. Edinburgh.
Transactions of the Laboratory of experimental Biology of the Zoopark of Moscow (en russe). Moscou.
Transactions of the Royal Canadian Institute. Toronto.
Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Edinburgh.
Transactions of the State electrical research Institute. Moscow.
Travaux de l'Académie des Mines à Cracovie. Krakow.
Travaux du laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble. Grenoble.
Travaux du Musée géologique et minéralogique Pierre-le-Grand. Léningrad.
Treubia. Buitenzorg.
Tribune médicale (La). Paris.

Union géodésique et géophysique internationale. Section de séismologie (Travaux scientifiques). Paris.
Union géodésique.... Comité national du royaume des Serbes, Croates et Slovènes (Annuaire séismique). Sarajevo.
Union internationale contre le péril vénérien. Paris.
Union internationale de physique pure et appliquée (Procès-verbal). Paris.
United States department of Agriculture (Department Bulletin; Farmers's Bulletin; Department Circular). Washington.
United States geological Survey Bulletin. Washington.
United States national Museum Bulletin. Washington.
United States public health service. Public health Reports. Washington.
Université de Montréal (Annuaire général). Montréal.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 10 OCTOBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

La Section de Physique générale de l'Académie vient d'être frappée, en la personne d'un de ses correspondants qui lui faisaient le plus d'honneur, **Svante Arrhenius.**

Né au château de Wijk, près Upsal, le 10 février 1859, Arrhenius a illustré son nom au service de la Science — on pourrait dire de toutes les sciences — en appliquant à leur progrès commun sa maîtrise dans la Chimie physique.

Inspiré par quelques idées fondamentales, claires, tirées pour la plupart de son propre fonds, il employa son énergie, d'imperturbable façon, à remonter aux causes des phénomènes naturels les plus mystérieux, comme à des conséquences nécessaires de ses principes physiques.

Il avait, il est vrai, puissamment contribué au développement de cette science par ses travaux relatifs à l'étude des électrolytes et du mécanisme de leur conductibilité. L'idée reçue que dans une solution saline l'électricité était transportée par des ions préexistants fut ici son point de départ; mais au lieu de supposer, avec Clausius, que le nombre des molécules ionisées était infime et inaccessible à l'analyse, il émit l'hypothèse plus hardie d'une dissociation notable du sel dissous, dissociation croissant avec la dilution, au point de devenir totale pour une dilution infinie.

L'idée que dans une dissolution normale de sel marin les trois quarts du sodium et du chlore pouvaient être à l'état de liberté n'était pas de celles que les chimistes pouvaient accepter sans preuves. Arrhenius sut la fournir en deux séries d'expériences.

Pour les électrolytes, en effet, l'expérience indiquant que l'abaissement moléculaire du point de congélation était beaucoup plus grand qu'on ne devait s'y attendre, il fit voir que cette anomalie était explicable si l'on admettait que 75 pour 100 des molécules étaient dédoublées en ions chlore et sodium, dont chacun est, au point de vue de la pression osmotique, l'équivalent d'une molécule.

La justesse de cette interprétation se trouva vérifiée par la mesure de la conductibilité électrique, qui fournit ainsi un deuxième moyen de déterminer le degré de dissociation du sel. Or le nombre fourni par la méthode électrique est presque identique à celui qu'on déduit de l'abaissement du point de congélation.

Cette concordance remarquable, entre les résultats d'expériences faites dans des domaines aussi différents que ceux de la chaleur et de l'électricité, a dissipé tous les doutes que l'on pouvait conserver, et l'hypothèse de la dissociation électrolytique est aujourd'hui universellement acceptée. Les ions, seuls, déterminent les réactions.

Depuis lors, cette théorie a permis de résoudre un grand nombre de questions chimiques importantes et fait disparaître des anomalies jusque-là inexpliquées. Une représentation mécanique a même pu être donnée de la manière dont se produisent les forces électromotrices qui depuis Volta et Galvani faisaient l'objet de perpétuelles discussions.

Mais la destinée de l'hypothèse de la dissociation ionique n'était pas de rester limitée, dans son application, aux électrolytes. Dès 1887 Arrhenius expliquait, par l'ionisation, la conductibilité que les gaz acquièrent quand ils sont parcourus par une décharge électrique ou éclairés par la lumière ultraviolette. On sait quel développement a pris cette idée depuis la découverte des rayons X.

A mesure que s'étendait la portée de ses conceptions, et que se précisaient les relations existantes entre l'affinité, la conductibilité et le degré de dissociation des corps, le génie d'Arrhenius pénétrait plus profondément dans les secrets de la matière et la connaissance de ses propriétés. Il éclairait le chemin qui mène à la grande énigme, posée au terme de toutes les préoccupations intellectuelles qui n'ont pas une portée pratique immédiate, à l'explication de la constitution de l'univers.

Les solutions qui de loin en loin ont été proposées par les philosophes, par les naturalistes, ont toujours reflété l'état de la science de leur époque. Il sembla à Arrhenius que l'épanouissement moderne des sciences physiques et chimiques justifiait l'introduction de quelques parties nou-

velles dans l'exposé du développement du système de l'univers. L'accueil fait à ses idées par le monde savant apprit à quel point il y réussit.

Il eut l'intuition que la pression de radiation, calculée par Maxwell, valeur longtemps ignorée ou négligée, pouvait fort utilement conduire à la compréhension et à l'explication de beaucoup de phénomènes cosmogoniques, jusqu'alors mystérieux.

Avant qu'il fût question de l'indestructibilité de l'énergie, les études cosmogoniques ne s'occupaient que d'une seule question, à savoir comment la matière s'était groupée de façon que les corps célestes aujourd'hui connus aient pu en procéder? La découverte de l'indestructibilité de l'énergie allait rendre plus ardus encore les problèmes cosmogoniques. Arrhenius contribua à les élucider en montrant comment les nébuleuses peuvent être le produit de soleils, et inversement comment des soleils peuvent se former à l'aide de nébuleuses. Il fit voir que dans les corps qui se trouvent à l'état de soleils, l'énergie est dissipée ou *détériorée*, et qu'elle est au contraire *améliorée* dans ceux qui sont à l'état de nébuleuses.

De tout temps cette évolution alternante a pu se produire, comme elle se produit actuellement. Depuis les temps reculés, les plus lointains, la matière et l'énergie n'ont fait que changer de forme et de lieu dans l'espace.

Ce qui domine toute l'œuvre d'Arrhenius, c'est le plan harmonieux qui y préside; c'est la volonté arrêtée d'expliquer les grands phénomènes de la nature par le jeu des lois physiques connues; c'est le talent admirable qu'il déploie, pour arriver au but.

Que l'on rappelle ses idées sur l'origine des rayons cathodiques, qui, par leur enroulement dans le champ magnétique terrestre, produisent les aurores boréales et expliquent les chevelures cométaires ainsi que leur courbure, ou que l'on rappelle ses conclusions sur l'âge de la Terre, sur la composition de l'atmosphère, sur celle des mers disparues, sur les variations des températures et des climats terrestres au cours des temps géologiques, on se plaît à reconnaître que son *Précis de Physique cosmique*, que sa *Physique du volcanisme* marquent parmi les plus solides et originales contributions de notre temps à la Cosmogonie et aux problèmes fondamentaux de la Géologie.

Mais ce qu'il nous importe surtout de rappeler en ce moment, c'est qu'Arrhenius, Professeur à l'Université de Stockholm, premier Lauréat du prix Nobel, Président de l'Institut Nobel des Sciences, Vice-Président de la Fondation Nobel et Grand Officier de notre Légion d'honneur, a acquis des titres spéciaux à la reconnaissante admiration des savants français

par les conférences de Chimie physique qu'il voulut bien leur faire il y a quelques années à la Sorbonne et à la Société française de Physique. Ils me permettent de joindre dans ce dernier hommage l'écho des applaudissements d'alors, aux regrets de ce jour de deuil, en témoignage de nos sentiments unanimes envers celui qui occupa une si grande place dans la science contemporaine, où il maintint si brillamment les plus belles traditions des grands noms, des noms immortels de la Suède savante.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Lazareff** et **Navachine**, membres de l'Académie des Sciences de Russie, M. **Stefan Minovici**, professeur à la Faculté des Sciences de Bucarest, et à M. **C. Zenghelis**, professeur à l'Université d'Athènes, qui assistent à la séance.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul de la chaleur dégagée par les courants de haute fréquence.* Note de M. **Ch. Fabry.**

Dans une récente Communication à l'Académie (1), M. d'Arsonval a appelé l'attention sur le fait suivant : lorsqu'un tissu ou une cuve à électrolyse sont traversés par un courant alternatif de haute fréquence, la quantité de chaleur dégagée ne peut pas être calculée par la loi de Joule au moyen de la résistance et du courant mesuré par un ampèremètre thermique. L'importance de ce fait est considérable dans l'emploi des courants de haute fréquence, que la thérapeutique doit aux belles recherches de M. d'Arsonval.

Pour expliquer la discordance entre le dégagement de chaleur mesuré et celui que donnerait la loi de Joule, M. d'Arsonval fait intervenir l'effet de capacité de la cuve, et admet qu'il s'y produit, en plus de l'effet Joule, un dégagement de chaleur « par suite de phénomènes d'hystérésis ou de viscosité diélectrique ».

Je me propose de soumettre au calcul le problème étudié expérimentalement par M. d'Arsonval. On verra que l'effet de capacité explique réellement les faits observés, mais qu'il ne paraît pas nécessaire de faire intervenir un échauffement dû à l'hystérésis diélectrique; la loi de Joule explique tout, en tenant compte du simple fait que le courant mesuré à l'ampèremètre est la superposition d'un courant de conduction et d'un

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 324.

courant de capacité, et que le premier seul dégage de la chaleur, le second étant déwatté.

Soit donc une cuve, munie de deux électrodes métalliques, et contenant un liquide; les propriétés de ce corps seront définies par une constante diélectrique K (rapportée, comme d'habitude à $K = 1$ pour le vide) et une résistivité ρ (en unité électromagnétique C. G. S). La cuve a une capacité C et une résistance R. En exprimant ces deux quantités en unités électromagnétiques, des propriétés bien connues donnent :

$$C = \frac{a}{4\pi}\frac{K}{v^2}, \tag{1}$$

$$R = \frac{\rho}{a}. \tag{2}$$

Dans ces formules, v est le rapport des unités (numériquement égal à la vitesse de la lumière) et a une quantité, homogène à une longueur, qui dépend de la forme et de la dimension des électrodes, et qu'il est inutile d'expliciter. Comme exemple, si les électrodes étaient deux larges plateaux de surface S séparés par une petite épaisseur e on aurait $a = \frac{S}{e}$.

Ceci posé, appliquons aux électrodes une différence de potentiel sinusoïdale, de pulsation ω et de valeur efficace E. La cuve se comportera comme l'ensemble d'une résistance R et d'une capacité C mises en parallèle. La résistance sera traversée par un courant watté de valeur efficace I_1 qui dégagera par seconde une quantité de chaleur (exprimée en unité de travail)

$$P = RI_1^2. \tag{3}$$

La capacité sera traversée par un courant déwatté I_2 qui ne dégagera pas de chaleur. Ces deux courants étant en quadrature de phase, le *courant total* I qu'indique l'ampèremètre sera donné par

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2. \tag{4}$$

Il ne reste plus qu'à expliciter les valeurs de I_1 et I_2 pour achever de résoudre le problème. Des formules classiques donnent

$$I_1 = \frac{E}{R}, \tag{5}$$

$$I_2 = \omega CE. \tag{6}$$

En éliminant I_2 et E entre les équations (4), (5), (6), puis en rempla-

çant C et R par leurs valeurs (1) et (2), on obtient

$$I^2 = I_1^2\left(1 + \frac{\omega^2}{16\pi^2 v^4} K^2 \rho^2\right). \tag{7}$$

Cette équation donne la relation entre le courant mesuré I et le courant watté I_1 qui intervient seul dans l'expression de la chaleur dégagée. On remarquera que la forme et la disposition des électrodes n'interviennent pas; la même relation est valable pour toutes les cuves.

En portant dans (3) la valeur de I_1 tirée de (7), on obtient l'expression du dégagement de chaleur en fonction du courant mesuré à l'ampèremètre :

$$P = \frac{I^2}{a} \frac{\rho}{1 + \frac{\omega^2}{16\pi^2 v^4} K^2 \rho^2}. \tag{8}$$

Dans les expériences de M. d'Arsonval, le courant total I était maintenu constant; la cuve restant la même, a était aussi invariable; on faisait varier seulement la résistivité ρ du liquide. Si les hypothèses que j'ai faites sont exactes, l'équation (8) doit représenter l'allure du phénomène. Or, c'est bien ce qui a lieu. L'expression (8) s'annule pour $\rho = 0$ et pour $\rho = \infty$ (dans ce dernier cas, le courant est entièrement déwatté); en admettant que K est constant, le dégagement de chaleur passe par un maximum pour une valeur de la résistivité

$$\rho_m = \frac{4\pi v^2}{\omega K}. \tag{9}$$

Au lieu de la pulsation ω on peut introduire la longueur d'onde $\lambda = \frac{2\pi v}{\omega}$ et l'on obtient

$$\rho_m = \frac{2 v \lambda}{K}. \tag{10}$$

Dans une de ses séries de mesures, M. d'Arsonval trouve que le maximum de chaleur dégagée a lieu lorsque la cuve a une résistance d'environ 1500 ohms, ce qui correspond à une résistivité d'environ 10^{13} C. G. S. C'est justement la valeur que donne l'équation (10) si l'on admet les valeurs semblables

$$K = 80, \qquad \lambda = 1,3 \times 10^4 \text{ cm} = 130^m.$$

Il serait sans doute illusoire de chercher une concordance numérique complète entre la formule (8) et les nombres obtenus expérimentalement, la fréquence n'ayant pas été maintenue parfaitement constante; mais cette

formule représente bien l'allure générale des valeurs observées, et en particulier le fait que le même dégagement de chaleur, à courant égal, est obtenu pour deux valeurs différentes de la résistivité, une forte et une faible. Ceci n'exclut évidemment pas la possibilité d'un dégagement de chaleur dû à l'hystérésis diélectrique, mais il ne paraît pas nécessaire de faire appel à ce phénomène pour expliquer la partie principale des faits observés.

En dehors de son grand intérêt pour la pratique de la d'arsonvalisation, le phénomène découvert par notre confrère pourrait, semble-t-il, être de quelque utilité pour l'étude si difficile des constantes diélectriques des isolants imparfaits.

GÉOLOGIE. — *Le marbre de Sarrancolin et les calcaires à Rudistes de la Haute-Garonne*. Note de M. **H. Douvillé**.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai décrit la succession des couches dans lesquelles on exploite le marbre dit de Sarrancolin et indiqué, d'après un échantillon conservé à Pau dans le musée béarnais, que la Caprine signalée par Bresson en ce point était la *Caprina adversa*, caractéristique du Cénomanien; l'âge attribué à ces couches se trouvait ainsi confirmé. M. Viennot avait d'abord émis quelques doutes à cet égard, mais dans une Note toute récente ([2]), après une visite faite au gisement, il a reconnu l'exactitude des observations de Bresson. Comme c'est un des rares points fossilifères de la région, il m'a paru utile de l'examiner à nouveau et de le décrire avec plus de détails.

La coupe que j'avais relevée sur le chemin de Beyrède à Jumet se complète à la base par les schistes noirs signalés par Viennot sur le versant sud de la montagne de la Soule. Ce sont les schistes fissiles qui à Lourdes, comme dans la région de Bagnères-de-Bigorre, sont caractérisés par *Parahoplites Deshayesi* et représentent l'Aptien inférieur.

Au-dessus se développent des calcaires plus ou moins schisteux, ordinairement bien lités, qui affleurent à la sortie de Beyrède; dans ces couches on voit s'intercaler des assises peu épaisses et plus ou moins lenticulaires d'une brèche polygénique, de couleur foncée, à petits éléments anguleux. Les couches sont à peu près verticales et dirigées N 103° E. Les brèches

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 826.
([2]) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 509.

deviennent ensuite plus importantes, les calcaires plus clairs commencent à se charger de taches rouges et l'on passe ainsi aux couches exploitées.

La même succession de couches peut être observée sur les deux lacets du chemin conduisant aux carrières; en particulier on retrouve à leur jonction un banc de brèche bien régulièrement interstratifié dans les couches de calcaire; son origine sédimentaire ne peut faire de doute.

Au-dessus, la carrière du Sud est la plus intéressante; elle se présente comme une excavation étroite et haute paraissant naturelle; l'exploitation a été poussée à sa base. Elle s'effectue au moyen d'un fil d'acier, mis en mouvement rapide par un moteur électrique; il découpe dans la masse très compacte des entailles étroites, tantôt verticales, tantôt horizontales, et celle-ci se trouve ainsi débitée en blocs réguliers très volumineux. On dirait que les surfaces planes ainsi produites ont été faites tout exprès pour montrer aux géologues la texture de la roche.

La première de ces coupes au sud de la carrière a été pratiquée à peu près dans la direction des couches; elle a environ 4^{m} de hauteur sur une longueur double. La roche est presque blanche avec quelques rares marbrures rouges à l'entrée; elle présente une vingtaine de belles sections de *Caprina adversa;* ce sont des valves supérieures entières. Elles montrent bien les caractères de l'espèce, division de la valve supérieure par une cloison médiane et sur le limbe, bifurcation des lames radiantes.

Deux autres coupes parallèles ont été faites, la seconde à 3^{m} de distance et la troisième à 2^{m}, mais celle-ci seulement sur la moitié de la hauteur. Enfin au delà une nouvelle masse de 5^{m} d'épaisseur porte la trace d'une ancienne exploitation. On arrive ainsi au mur de la couche exploitée qui est constitué par un calcaire dur presque blanc où abondent les valves de la *Caprina adversa;* mon gendre, M. Colson, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Pau, et son fils qui m'accompagnaient, ont pu en détacher, non sans difficulté, et avec une masse de carrier, plusieurs valves supérieures. C'est un véritable banc de Caprines tout à fait comparable au premier, et qui rappelle le célèbre gisement de Saint-Trojan.

Le marbre bréchique se trouve ainsi compris entre deux bancs réguliers de Rudistes, avec lesquels il fait corps, et son origine sédimentaire ne peut être contestée; on y a trouvé également la *Caprina adversa*, mais seulement à l'état de fragments (Musée de Pau).

Quelle est la composition de ce marbre? C'est une brèche de texture très irrégulière formée de lambeaux de couleurs différentes comme fondus ensemble. Ce qui frappe tout d'abord ce sont les fragments d'un rouge vif,

d'autres sont orangés clairs, gris ou même presque blancs; l'ensemble est de couleur claire. Quelques lambeaux plus volumineux et de forme irrégulière présentent une structure nettement rubanée. Tous ces éléments paraissent s'être déposés en des points voisins et avoir été mélangés par l'agitation des eaux; les fragments rubanés sont peut-être de formation plus lointaine ou un peu plus anciens, mais ils sont en tout cas intimement liés aux Calcaires à Caprines. En réalité on retrouve là le mode de formation des brèches sédimentaires, si bien mis en lumière par J. de Lapparent; elles comprennent un mélange d'éléments presque contemporains ou à peine plus anciens provenant du large, auxquels viennent s'ajouter des éléments étrangers empruntés au rivage ou à des hauts-fonds; il n'est pas douteux ici que les taches d'un rouge vif, si caractéristiques de ce marbre, ne proviennent du délayage par les eaux agitées, des couches rouges du Permien, affleurant dans le voisinage.

Ce mélange d'éléments divers marque des périodes d'agitation qui par intermittences viennent interrompre la sédimentation régulière. Je les ai attribuées à des secousses sismiques toujours localisées dans le temps et dans l'espace; ce qui explique bien l'allure très irrégulière des brèches sédimentaires.

Les calcaires marbres se prolongent au delà de la couche exploitée sur une centaine de mètres; ils sont toujours tachés de rouge. Vers la fin j'ai recueilli un fragment pétri de Rudistes avec une *Caprina adversa* de plus petite taille que celles de la carrière.

Au delà les calcaires deviennent plus foncés en bancs plus minces; il semble que ce soit un retour des calcaires gris lités du nord de la coupe; ceux-ci compris entre le Cénomanien et les Schistes noirs représentent incontestablement l'Albien; c'est à ce niveau que se développent ici les brèches polygéniques sédimentaires.

Les couches à *Caprina adversa* formeraient ainsi un synclinal au milieu de l'Albien. C'est exactement la situation des marbres brèches, de couleur claire, tachés de jaune et de rouge, que j'ai signalés en 1918 au nord d'Argelès, et qui renferment également *Caprina adversa;* ils forment une butte comprise entre des couches de brèches polygéniques : au Nord ces brèches affleurent jusqu'aux premières maisons de Salles et correspondent aux calcaires lités de Beyrède, tandis qu'au Sud, elles sont à bien plus gros éléments et se prolongent jusqu'au village de Sère. Cet ensemble représente la retombée d'un pli dont le noyau jurassique apparaît immédiatement au Nord.

Le puissant massif calcaire albo-cénomanien que je viens de décrire et qui s'étend sur près d'un kilomètre entre Beyrède et Jumet joue un rôle très important dans la structure de la région; quelles sont ses relations avec la zone cénomanienne définie au Nord par Corez?

Quels que soient les accidents qui l'ont affecté après son dépôt, il est certain que les couches qui le constituent se prolongeaient à l'Est par les calcaires rubanés et les marbres brèches de Sost en Barousse et de Saint-Béat, reposant comme à Jumet sur le Trias. Interrompue un instant à Boutx par la remontée du soubassement (Ophite, Jura), la bande calcaire reparaît à Las Pales sous la forme d'un calcaire moins métamorphique à Rudistes, dans lequel Roussel a signalé *Horiopleura Lamberti*. De là elle remonte au Nord au-dessus du dôme de la Barousse, pour former les roches pittoresques qui couronnent le Gars et le Cagire et reposent sur les couches à Plicatules de l'Aptien supérieur. Elle redescend au Nord avec les marbres blancs grossiers d'Arguenos, surmontant l'Ophite et se prolongeant sur la pente au sud du col des Ares, où ils présentent des indices de rubanement.

Au delà le métamorphisme diminue et les Rudistes reparaissent; ce sont les calcaires à Dicérates de Dufrénoy, calcaires à *Toucasia Lonsdalei* de Leymerie, calcaires à Réquiénies des auteurs; leur faune n'a malheureusement été ni étudiée ni précisée.

D'après les travaux de Leymerie et de Jacob, ils reposent directement sur le Jurassique au delà de l'anticlinal du col des Ares. Plus au Nord, le Crétacé inférieur prend un grand développement, c'est le grès vert de Leymerie, dans lequel ce géologue distingue deux étages; les plis complexes que présente ce système de couches lui ont fait croire à tort qu'ils étaient séparés par une discordance.

A Cier-de-Rivière, l'étage inférieur débute par les schistes fissiles verticaux de l'Aptien inférieur; à leur partie supérieure, viennent s'intercaler des lits d'un calcaire noir rempli de la *Serpula calcarea* de Leymerie. Ce calcaire devient massif et marmoréen; ce sont les calcaires bitumineux de cet auteur, souvent veinés de blanc ou de jaune et rappelant les marbres Noir antique et Portor. D'après le fragment d'Ammonite figuré par Leymerie sous le nom d'*Amm. milletianus* (¹), ces calcaires remonteraient peut-être

(¹) *Statistique géologique de la Haute-Garonne*, p. 752, pl. E, fig. 1. C'est probablement d'après cette détermination que les schistes fissiles ont été attribués à l'Albien. Or, Leymerie dit seulement que « Munier Chalmas a cru voir une certaine analogie (de cet échantillon) avec une grande variété d'*Amm. milletianus*, d'Orb., qui existe aux environs du Havre ». En réalité, ce fragment n'est guère déterminable.

de l'Aptien supérieur jusque dans l'Albien inférieur. Quoi qu'il en soit, les calcaires à Rudistes, base du grès vert supérieur de Leymerie, succèdent directement à ces calcaires bitumineux. Au-dessus, se développe, par exemple à Miramont, un puissant système de schistes et de conglomérats, souvent grossiers et formés d'éléments anguleux de diverses grosseurs, quelquefois très volumineux. Leymerie signale dans ces couches *Cidaris nobilis* et *Orbitolina subconcava;* c'est le Cénomanien de Carez, et nous venons de voir comment il se relie à celui de Sarrancolin; il est seulement bien plus détritique, et cette différence de faciès marque seulement que ces dépôts se sont effectués dans des conditions différentes.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du fascicule 6, tome cinquième de la *Flore générale de l'Indo-Chine* publiée sous sa direction : *Euphorbiacées* (fin) par F. Gagnepain et L. Beille; *Ulmacées*, par F. Gagnepain.

NOMINATIONS.

Les Membres du **Bureau de l'Académie** sont désignés pour la représenter le jeudi 27 octobre à la cérémonie solennelle organisée par la Société française de Physique à l'occasion du centenaire de la mort d'*Augustin Fresnel*.

M. **Maurice Lugeon** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie du 70e anniversaire de M. *Amé Pictet*, qui aura lieu à Genève, le samedi 26 novembre 1927.

PLIS CACHETÉS.

A la demande de la famille de **Marcelin Berthelot** et du **Comité d'organisation** de son Centenaire, M. le Président ouvre en séance un pli cacheté reçu dans la séance du 19 décembre 1859 et inscrit sous le n° 1885.

Ce pli contient une brochure réunissant une partie des bonnes feuilles du tome premier de l'ouvrage intitulé : *Chimie organique fondée sur la synthèse*.

(Renvoi à l'examen de la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire de *Théorie générale des Assurances et Assurances sociales* vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à une Commission composée de la Section de Géométrie et de M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Conspectus de la Flore de France ou Catalogue général des espèces, sous-espèces, races, variétés, sous-variétés et formes hybrides contenues dans la* « Flore de France », par Georges Rouy. (Présenté par M. H. Lecomte.)

2° *Une nouvelle théorie des perceptions visuelles et ses applications*, par A. Quidor et Marcel A. Herubel.

3° D. Sensaud de Lavaud, N° 5 : *Les vitesses critiques d'une voiture automobile. Dandinement et shimmy;* N° 6 : *Causerie scientifique. Dandinement, shimmy et pseudo-shimmy d'une voiture automobile.*

4° *Alcyonaires provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco,* par J. Arthur Thomson.

GÉOMÉTRIE. — *Les correspondances C_{23} entre des surfaces de l'espace à quatre dimensions.* Note de M. **L. Féraud**.

J'ai donné [1] la définition générale d'une C_{hk} établie entre deux variétés quelconques. Je ne considérerai ici que les surfaces (V_2) de E_4 dont les caractéristiques sont distinctes.

I. *Aucune des familles de caractéristiques n'est composée de courbes planes.* — Les surfaces entre lesquelles il est possible d'établir une C_{23} doivent être prises dans une famille dépendant de dix fonctions arbitraires d'un

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1630.

argument. Les surfaces S, correspondant à une s donnée, dépendent de deux constantes arbitraires. La correspondance que l'on peut établir entre deux surfaces quelconques (de la famille) est en général bien déterminée. Elle peut dépendre de deux constantes arbitraires au plus; c'est ce qui arrive si l'on prend pour s une surface V_0 qui possède les propriétés suivantes :

1° La suite de Laplace que l'on peut former en partant de cette surface se ferme après avoir décrit un pentagone;

2° Cette suite de Laplace se transforme en elle-même par dualité.

On peut exprimer géométriquement des conditions nécessaires pour que deux surfaces s et S puissent être liées par une C_{23}. On les rapporte à un même système de référence $AA_1A_2A_3A_4$ dans lequel A_1, A_2 sont les transformées de Laplace de A, A_1A_3, A_2A_4 des tangentes caractéristiques sur ces transformées et AA_3A_4 le *plan normal projectif* en désignant ainsi le seul plan, non en incidence avec le plan tangent, qui peut être défini d'une manière intrinsèque en partant des éléments des trois premiers ordres de la surface. S_4 et s_4 étant les projections (de sommet A_4) de S et s sur l'hyperplan $AA_1A_2A_3$ elles se coupent suivant une courbe qui a en A un point quadruple *dont les quatre tangentes se confondent avec* AA_2. Une deuxième condition nécessaire s'obtient d'une manière analogue en considérant les projections S_3 et s_3 sur l'hyperplan $AA_1A_2A_4$.

II. *Une des familles de caractéristiques est formée de courbes planes.* — Une des caractéristiques est par exemple contenue dans AA_2A_4. Pour qu'il existe une C_{23} il sera nécessaire que l'une au moins des transformées de Laplace soit dégénérée. Si s_1 (engendrée par A_1) se réduit à une courbe à chaque s — qui dépend alors de 7 fonctions arbitraires d'un argument — correspondent des surfaces S dépendant d'une fonction d'un argument. L'autre transformée s_2 ne peut se réduire qu'à une droite; dans ce cas les couples (s, S) de surfaces entre lesquelles peut exister une C_{23} dépendent de 8 fonctions d'un argument et S qui correspond à une s donnée ne dépend que d'une constante arbitraire.

III. *Les caractéristiques sont toutes planes.* — Une au moins des transformées de Laplace devra être dégénérée et par conséquent se réduire à une droite.

Si une seule transformée se réduit à une droite, à une s quelconque donnée correspondent des surfaces S dépendant d'une fonction arbitraire d'un argument.

Dans le cas où l'on a deux droites focales il est possible d'établir une C_{23}

entre deux surfaces quelconques. Cette correspondance dépend de quatre constantes arbitraires. On peut l'interpréter géométriquement en prenant l'hyperplan des droites focales à l'infini. Les surfaces sont alors de translation et l'on peut définir sur chaque caractéristique un *arc affine :* on *développe* cette courbe sur sa parabole osculatrice et l'on prend pour arc affiné un *paramètre naturel* sur cette parabole.

C_{23} s'obtient en liant par des relations linéaires à coefficients constants les arcs affines définis sur les caractéristiques correspondantes des deux surfaces

$$\sigma_1 = a\Sigma_1 + b, \qquad \sigma_2 = c\Sigma_2 + d.$$

Pour de telles surfaces, possédant deux droites focales, on peut remarquer que dans le déplacement qui intervient dans la définition de C_{23} les vitesses d'entraînement des points du plan tangent à S sont nulles et l'on peut énoncer la réciproque suivante :

S'il existe entre deux surfaces s et S ayant chacune deux droites focales une correspondance ponctuelle telle qu'il soit possible par un déplacement à deux paramètres d'amener à chaque instant en coïncidence, en même temps que les points homologues les droites focales de S avec celles de s et si de plus dans ce déplacement les vitesses d'entraînement des points du plan tangent à S sont nulles, la correspondance considérée est C_{23}.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une fonction automorphe bornée.* Note de M. W. Golоubeff.

Je me propose ici de définir et d'étudier une fonction automorphe et bornée.

I. *Définition de la fonction.* — Considérons un ensemble dénombrable $\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \ldots,$ de points situés dans l'intérieur de la circonférence K, $(|w| = 1)$, et ayant cette circonférence pour ensemble dérivé. Nous pouvons faire passer par tous les points $\mathfrak{M}_n$ une ligne spirale $\mathcal{L}$ qui ne se coupe pas et qui s'approche d'une manière asymptotique de la circonférence K. Si nous considérons les points $\mathfrak{M}_n$ comme des points critiques logarithmiques, nous pouvons former une surface riemannienne (S) simplement connexe dont les feuillets sont réunis le long des arcs de la ligne $\mathcal{L}$.

Soit $w = f(z)$ une fonction qui donne la représentation conforme de la surface (S) sur l'intérieur du cercle T, $(|z| \leq 1)$. La fonction $f(z)$ ainsi définie jouit des propriétés suivantes :

1° Elle est holomorphe et *bornée* à l'intérieur du cercle T, parce qu'on a $|f(z)| < 1$;

2° Elle est *automorphe* (fuchsienne).

II. *Polynome fondamental.* — Il résulte de la construction de $f(z)$ que son polynome fondamental H_0 est un polygone curviligne ayant l'ensemble dénombrable des sommets paraboliques $m_1^0, m_2^0, \ldots, m_n^0, \ldots$, qui sont les images des points $\mathfrak{M}_n$ et un *sommet-limite* ω^0 qui est un point-limite des m_n^0. On voit bien que la fonction $f(z)$ prend la valeur déterminée $\mathfrak{M}_n$ en chaque point m_n^0 et qu'elle est indéterminée en ω^0 et a, pour domaine d'indétermination, en ce point un ensemble de points situés sur la circonférence K.

Comme $f(z)$ est une fonction bornée dans l'intérieur du cercle T, elle prend, d'après la proposition célèbre de M. Fatou, presque partout sur la circonférence T des valeurs bien déterminées : ce sont les affixes de points de la circonférence K et les affixes des points M_n. C'est là le point capital : une fonction automorphe déterminée partout dans le polygone fondamental H_0 et sur sa frontière ne peut être jamais bien déterminée presque partout sur la périphérie de T. On pourrait dire que $f(z)$ existe presque partout sur la périphérie de T parce qu'elle est indéterminée en ω^0.

3. *Appareil analytique.* — Soient $a_1, a_2, \ldots$ les zéros de $f(z)$. Si nous désignons par d_n la distance de a_n à la périphérie de T, nous aurons la série Σd_n convergente, d'après un théorème de M. Vitali. Soit c_0 une petite circonférence comprise à l'intérieur de H_0 ayant a_0 pour centre et ρ_0 pour rayon ; soient $c_1, c_2, \ldots$ les circonférences équivalentes à c_0 relativement au groupe Γ de la fonction $f(z)$; soit ρ_n le rayon de c_n. Il résulte de la convergence de Σd_n que la série $\Sigma \rho_n$ converge aussi.

L'application de la méthode des images de Schwarz nous amène immédiatement à une fonction f_1 définie à l'extérieur de T par l'égalité

$$f_1\left(\frac{1}{\bar{z}}\right) = \frac{1}{\overline{f(z)}},$$

où nous désignons par $\bar{u}$ une quantité conjuguée à u. Si nous désignons par d'_n $(n = 1, 2, \ldots)$ les distances des pôles de f_1 à la périphérie de T et par c'_n les circonférences correspondantes, nous pouvons appliquer l'intégrale de Cauchy au contour composé de la périphérie de T et des c'_n. Comme nous pouvons supposer $f_1(\infty) = \infty$, la partie principale de f_1 relativement à ∞ est $az + b$. Cela posé, on trouve effectivement, par un calcul facile :

$$f(z) = az + b + a\sum\left\{\frac{\alpha_n z + \beta_n}{\gamma_n z + \delta_n} - \frac{\alpha_n}{\gamma_n}\right\},$$

où le groupe Γ de $f(z)$ est formé des transformations $\begin{pmatrix}\alpha_n & \beta_n \\ \gamma_n & \delta_n\end{pmatrix}$ et de la transformation unité. Si nous faisons figurer cette dernière dans la somme Σ et si nous posons $a = 1$, nous serons amenés, puisque $f(0) = 0$, à l'expression finale de la fonction automorphe $f(z)$,

$$f(z) = z \sum \frac{1}{(\gamma_n z + \delta_n)\,\delta_n}. \tag{1}$$

Le développement (1) est partout convergent à l'intérieur de T puisque la série $\sum \frac{1}{\gamma_n}$ converge en même temps que la série Σd_n; à l'extérieur de T le développement (1) représente $f_1(z)$. D'ailleurs, on peut former des fonctions automorphes bornées au moyen des fonctions déjà connues, et particulièrement au moyen des fonctions modulaires et des fonctions de triangle de Schwarz.

D'une manière générale, on peut représenter les fonctions automorphes par des développements analogues à (1) dans les cas :

1° Si la série $\sum \frac{1}{\gamma_n^2}$ *converge;*

2° Si la mesure de l'ensemble des points de la circonférence T qui n'appartiennent à aucune des périphéries des polygones H_n est *nulle*.

Tel est, par exemple, le cas des fonctions fuchsiennes de la troisième famille; comme cas classique nous pouvons citer les fonctions simplement et doublement périodiques.

La condition 1° est nécessaire pour que le développement de type (1) soit valable; mais l'exemple de $f(z)$ construite nous montre que la condition 2° n'est nullement nécessaire.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement rotationnel plan des liquides doués de viscosité, le régime étant permanent et les trajectoires verticales.* Note [1] de M. **Grialou**.

Les équations différentielles du mouvement sont, avec les notations habituelles (V étant la vitesse et η le tourbillon) :

$$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \qquad -\frac{\partial \frac{1}{2}V^2}{\partial x} + 2K\frac{\partial n}{\partial z} = 2\eta w, \tag{1}$$

$$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} - g - \frac{\partial \frac{1}{2}V^2}{\partial z} - 2K\frac{\partial n}{\partial x} = -2\eta u. \tag{2}$$

[1] Séance du 20 septembre 1927.

Posant $H = \frac{p}{\rho} + gz + \frac{1}{2}V^2$, il vient

$$(3) \qquad -\frac{\partial H}{\partial x} + 2K\frac{\partial \eta}{\partial z} = 2\eta w,$$

$$(4) \qquad -\frac{\partial H}{\partial z} - 2K\frac{\partial \eta}{\partial x} = -2\eta u,$$

$$(5) \qquad K\Delta\eta = \frac{d\eta}{dt},$$

équation caractéristique du mouvement. Des équations (3) et (4) formons successivement les relations $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$ et $2\eta = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}$; on aura

$$(6) \qquad K\left\{\eta\Delta\eta - \left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial z}\right)^2\right] + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial H}{\partial x}\frac{\partial \eta}{\partial z} - \frac{\partial H}{\partial z}\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)\right\} = 0,$$

$$(7) \qquad 4\eta^3 = \eta\Delta H - \left(\frac{\partial H}{\partial x}\frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial z}\frac{\partial \eta}{\partial z}\right).$$

On remarquera que l'équation (7) est la même que celle qu'on obtient pour un liquide parfait et ne dépend pas, par suite, du coefficient de viscosité K.

Il en sera de même pour l'équation (6) si H est une fonction de η, car on aura alors

$$(8) \qquad \eta\Delta\eta = \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial z}\right)^2.$$

Mais, en écrivant $H = f(\eta)$, on doit satisfaire aux équations (3) et (4) et obtenir la relation caractéristique (5).

Divisant (3) par (4), on obtient, en effet :

$$(9) \qquad K\left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial z}\right)^2\right] = \eta\frac{d\eta}{dt},$$

et, d'après (8),

$$(5) \qquad K\Delta\eta = \frac{d\eta}{dt}.$$

La relation (8) peut s'écrire

$$(10) \qquad \frac{\partial^2 L\eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 L\eta}{\partial z^2} = \Delta L\eta = 0.$$

Le logarithme du tourbillon est une fonction harmonique. — L'équation (7) peut s'écrire

$$4\eta = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\frac{\partial H}{\partial x}}{\eta}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\frac{\partial H}{\partial z}}{\eta}\right)$$

et, d'après (8),

$$\frac{4\eta}{\Delta\eta} = f''(\eta) = \frac{d^2H}{d\eta^2} = \frac{4\eta^2}{\left(\frac{\partial\eta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\eta}{\partial z}\right)^2}. \tag{11}$$

En posant $L\eta = \Phi$ (Φ est une fonction harmonique), on aura

$$f''(\eta) = \frac{d^2H}{d\eta^2} = \frac{4}{\left(\frac{\partial\Phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\Phi}{\partial z}\right)^2}. \tag{12}$$

Des équations (3) et (4) on déduit facilement, et d'après (11),

$$V^2 = \frac{\left(\frac{dH}{d\eta}\right)^2 + 4K^2}{\frac{d^2H}{d\eta^2}}, \tag{13}$$

Ces relations (3) et (4) donnent enfin

$$dH = 2K\left(\frac{\partial\eta}{\partial z}dx - \frac{\partial\eta}{\partial x}dz\right), \tag{14}$$

$$H = C + 2K\int\left(\frac{\partial\eta}{\partial z}dx - \frac{\partial\eta}{\partial x}dz\right); \tag{15}$$

cette intégrale curviligne permettra de calculer la charge H en chaque point d'une trajectoire quelconque.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'équation fondamentale de la chimie quantique.* Note [1] de M. **Th. De Donder.**

Dans cette Note nous montrerons comment on peut déduire de la gravifique einsteinienne l'équation de quantification des systèmes moléculaires comprenant un nombre N quelconque de points massiques électrisés engendrant un champ gravifique $g_{\alpha\beta}$ ($\alpha, \beta = 1, \ldots, 4$).

Considérons les équations [2] :

$$\int \delta\tau^{(m)}\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{2}\frac{\partial W^2}{\partial u^\alpha}\right) - \left(\frac{1}{2}\frac{\partial W^2}{\partial x^\alpha}\right)\right] + \int \delta\tau^{(e)}\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial U}{\partial u^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial U}{\partial x^\alpha}\right)\right] = 0. \tag{1}$$

---

(1) Séance du 20 septembre 1927.

(2) Th. De Donder, *Théorie des Champs gravifiques* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XIV, Paris 1926, p. 38).

Désignons par $\tau_\nu^{(m)}$ et $\tau_\nu^{(e)}$ la masse et la charge *généralisée* du $\nu^{\text{ième}}$ point ($\nu = 1, \ldots, N$). L'équation (1) devient ici

$$(2)\qquad \sum_\nu \tau_\nu^{(m)}\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{2}\frac{\partial W_\nu^2}{\partial u_\nu^\alpha}\right) - \left(\frac{1}{2}\frac{\partial W_\nu^2}{\partial x_\nu^\alpha}\right)\right] + \sum_\nu \tau_\nu^{(e)}\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial U_\nu}{\partial u_\nu^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial U_\nu}{\partial x_\nu^\alpha}\right)\right] = 0.$$

L'indice ν sert à rappeler qu'on a remplacé les coordonnées $x_1, \ldots, x_4$ par celles du $\nu^{\text{ième}}$ point considéré; de même, u_ν^α représente les composantes de la vitesse de ce point.

Introduisons la fonction de Lagrange

$$(3)\qquad L \equiv \frac{1}{2}\sum_\mu \tau_\mu^{(m)} W_\mu^2 + \sum_\mu \tau_\mu^{(e)} U_\mu;$$

c'est une fonction des $4N$ variables x_μ^α et des $4N$ variables u_ν^α. Le système (2) prend la forme de Lagrange

$$(4)\qquad \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial L}{\partial u_\nu^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial L}{\partial x_\nu^\alpha}\right) = 0.$$

Passons aux variables d'Hamilton $p_\alpha^\nu = \frac{\partial L}{\partial u_\nu^\alpha}$; on a la fonction de Hamilton $H = \frac{1}{2}\sum_\nu \tau_\nu^{(m)} W_\nu^2$. Rappelons que $W_\nu^2 = 1$. Il en résulte que l'*équation de Jacobi* correspondante pourra s'écrire

$$(5)\qquad \sum_\nu \frac{1}{\tau_\nu^{(m)}} \sum_\alpha \sum_\beta g_\nu^{\alpha\beta}\left(\frac{\partial S}{\partial x_\alpha^\nu} - \tau_\nu^{(e)}\Phi_\alpha^\nu\right)\left(\frac{\partial S}{\partial x_\beta^\nu} - \tau_\nu^{(e)}\Phi_\beta^\nu\right) - \tau^{(m)} = 0,$$

où l'on a posé $\tau^{(m)} = \Sigma_\nu \tau_\nu^{(m)}$.

Effectuons le changement de fonction

$$(6)\qquad kS = \tau^{(m)} \log \Psi,$$

où k est une constante du système moléculaire considéré. L'équation (5) devient alors

$$(7)\qquad J \equiv \sum_\nu \frac{1}{\tau_\nu^{(m)}} \sum_\alpha \sum_\beta g_\nu^{\alpha\beta}\left(\frac{\tau^{(m)}}{2}\frac{\partial \Psi}{\partial x_\nu^\alpha} + \tau_\nu^{(e)}\Phi_\alpha^\nu \frac{\partial \Psi}{\partial s}\right) \times\left(\frac{\tau^{(m)}}{2}\frac{\partial \Psi}{\partial x_\nu^\beta} + \tau_\nu^{(e)}\Phi_\beta^\nu \frac{\partial \Psi}{\partial s}\right) - \tau^{(m)}\left(\frac{\partial \Psi}{\partial s}\right)^2 = 0.$$

L'ensemble de configurations de notre système moléculaire engendre un

continuum à 4N dimensions défini par

$$(8)\qquad (\delta s^*)^2 \equiv \frac{1}{\tau^{(m)}} \sum_{\nu} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \tau_{\nu}^{(m)} g_{\alpha\beta}^{\nu}\, \delta x_{\nu}^{\alpha}\, \delta x_{\nu}^{\beta}.$$

On voit que (8) peut être considéré comme la résultante barycentrique des champs gravifiques $g_{\alpha\beta}$ attachés aux N points de la molécule. Désignons par g^* le discriminant de la forme différentielle (8) et appliquons le principe de la variation

$$(9)\qquad \frac{\delta\left[J\sqrt{(-1)^N g^*}\right]}{\delta\Psi} = 0.$$

Après quelques réductions, on obtient ainsi l'*équation fondamentale relative à la chimie quantique*

$$(10)\qquad \tau^{(m)} \sum_{\nu} \frac{1}{\tau_{\nu}^{(m)}} \Box_{\nu} \Psi - k \sum_{\nu} \left(\frac{\tau_{\nu}^{(e)}}{\tau_{\nu}^{(m)}}\right) D_{\nu} \Psi - 2k \sum_{\nu} \sum_{\alpha} \left(\frac{\tau_{\nu}^{(e)}}{\tau_{\nu}^{(m)}}\right) \Phi_{\nu}^{\alpha} \frac{\partial\Psi}{\partial x_{\nu}^{\alpha}} + k^2 \left[\left(\frac{\tau_{\nu}^{(e)}}{\tau_{\nu}^{(m)}}\right)^2 \left(\frac{\tau_{\nu}^{(m)}}{\tau^{(m)}}\right) F_{\nu} - 1\right] \Psi = 0,$$

où nous avons posé

$$(11)\qquad \begin{cases} \sqrt{(-1)^N g^*}\,.\,\Box_{\nu}\Psi \equiv \displaystyle\sum_{\alpha} \frac{\partial}{\partial x_{\nu}^{\alpha}} \left(\sqrt{(-1)^N g^*} \sum_{\beta} g_{\nu}^{\alpha\beta} \frac{\partial\Psi}{\partial x_{\nu}^{\beta}}\right), \\ \sqrt{(-1)^N g^*}\,.\,D_{\nu} \equiv \displaystyle\sum_{\alpha} \frac{\partial}{\partial x_{\nu}^{\alpha}} \left(\sqrt{(-1)^N g^*} \sum_{\beta} g_{\nu}^{\alpha\beta} \Phi_{\beta}^{\nu}\right), \\ F_{\nu} \equiv \displaystyle\sum_{\alpha} \sum_{\beta} g_{\nu}^{\alpha\beta} \Phi_{\alpha}^{\nu} \Phi_{\beta}^{\nu}. \end{cases}$$

Remarquons enfin que la fonction Ψ est imaginaire; l'équation fondamentale (10) est équivalente à *deux* équations réelles.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la rigidité des liquides.* Note de MM. **G.-P. Arcay** et **P. Étienne**, présentée par M. A. Cotton.

1. Schwedoff (¹) a montré qu'une solution de 5^g de gélatine dans 1^l d'eau, placée à chaud entre deux cylindres coaxiaux dont l'un, le

(¹) Schwedoff, *Journal de Physique*, 2e série, **8**, 1889, p. 341, et 2e série, **9**, 1890, p. 44; *Rapports présentés au Congrès International de Physique*, **1**, 1900, p. 473.

cylindre intérieur, était suspendu à un fil long et fin, possédait après refroidissement et repos de quelques heures la propriété d'équilibrer par sa déformation la torsion du fil; il a indiqué que si la déformation ne dépasse pas une certaine limite et ne dure qu'un moment, l'élasticité est parfaite. Il a en outre signalé que si la déformation dépasse cette limite et dure un certain temps, il naît une déformation résiduelle qui croît avec la durée de la déformation primitive, et que le « ressort » du liquide est proportionnel à sa déformation réelle, différence entre la déformation initiale et la déformation résiduelle; il a enfin essayé de relier théoriquement la rigidité à la double réfraction accidentelle (¹).

M. Colin (²) a retrouvé le phénomène décrit par Schwedoff pour la solution de gélatine à 5 gr/litre sans toutefois constater que la rigidité s'annule lorsque la durée de la déformation tend vers l'infini, mais il a de plus reconnu que la rigidité croît avec le vieillissement des solutions.

Par un autre dispositif expérimental, M. Michaud (³) a étudié l'influence des acides et des bases sur la rigidité, influence entrevue par M. Colin.

2. L'appareil qui nous a servi ne diffère pas en principe de celui utilisé par Schwedoff, quelques perfectionnements de détail en rendent le règlage plus facile et le maniement plus commode. Les angles de torsion sont mesurés par la méthode de Poggendorff et l'on peut apprécier des torsions de l'ordre de la minute (52″).

Le fil de torsion en acier a $0^{mm},02$ et une constante de 130,6 dynes/cm. Le diamètre du cylindre fixe est 78^{mm} et celui du cylindre intérieur suspendu est 58^{mm}. L'appareil complet repose sur un massif en maçonnerie.

En plus des liquides examinés par Schwedoff et Colin : gélatine, glycérine, huile de ricin, huile d'olives, et sirop de sucre, nous avons étudié sous diverses concentrations les pseudo-solutions d'albumine, de caséine, de gélose, d'amidon, de gomme arabique, de silice gélatineuse qui se sont montrées rigides, et l'huile de vaseline, l'eau de savon, une dissolution peu concentrée de caoutchouc dans la benzine, l'acide sulfurique à 3^{mol} et 1mo d'eau, le collodion commercial à 25° pour 1000 et le collodion à 50° pour 1000 (Codex) pour lesquels le phénomène n'a pu être mis en évidence.

3. Nos recherches, dans leur ensemble, confirment les conclusions de

(¹) SCHWEDOFF, *Journal de Physique*, 3ᵉ série, **1**, 1892, p. 49.

(²) COLIN, *Comptes rendus*, **116**, 1893, p. 1251.

(³) MICHAUD, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1282, et **175**, 1922, p. 1196.

M. Colin, sans cependant infirmer tous les résultats de Schwedoff à la condition de donner à l'expression « dans les limites d'une expérience », employée par ce physicien, son sens le plus rigoureux. Dans les limites d'une expérience (2 heures par exemple), la rigidité demeure constante, mais elle croît très rapidement avec le vieillissement des liquides.

Ainsi au cours d'une série d'expériences faites avec une solution de gélatine à 5 gr/litre, nous avons trouvé :

Après un repos de 24 heures	0,029 dyne
» 6 jours	0,043 »
» 11 jours	0,108 »

et le 13ᵉ jour, une torsion du fil de 250 divisions laissait immobile le cylindre, qui se déplaçait le 11ᵉ jour pour une torsion de 110 divisions.

4. Parmi les liquides qui, dans nos expériences, se sont montrés non rigides, figurent des corps comme les huiles et le collodion, qui présentent le phénomène de biréfringence accidentelle. Ce sont là, à notre point de vue, des résultats importants, étant donnés d'une part le rôle que l'on a voulu faire jouer à la rigidité dans certaines théories du graissage, d'autre part le fait que Schwedoff, s'appuyant sur des données expérimentales de Kundt, a calculé, par application de sa théorie de la double réfraction accidentelle, le module d'élasticité E du collodion, qu'il a trouvé égal à 542 dynes/cm^2.

SPECTROSCOPIE. — *Multiplets anormaux et intercombinaisons dans le spectre de* O II. Note de MM. **F. Croze** et **C. Mihul**, présentée par M. Cotton.

A. Fowler (¹) a reconnu dans le spectre de O II un groupe de combinaisons entre des termes déjà connus ^4S, ^4P, ^4D et un terme nouveau désigné par lui par le symbole X_3. Quelque temps après l'un de nous (²) a signalé quatre groupes de combinaisons des mêmes termes ^4S, ^4P, ^4D avec des termes que leurs quantiques internes ont conduit à désigner par les symboles X_1, Y_1, X_2 et Y_3.

La classification de ces termes nouveaux suivant la systématique de Hund

(¹) A. Fowler, *Proc. Roy. Soc. London*, 110 A, 1926, p. 476.
(²) C. Mihul, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 876

a présenté des difficultés. R. Fowler et Hartree ([1]) ont pensé que le terme X_3 de Fowler était un multiplet ^4P non résolu correspondant à une orbite $3d$ de l'électron émissif. Bowen ([2]) a pensé au contraire que ce multiplet ^4P était représenté par les termes Y_1, X_2 et Y_3.

L'étude de l'effet Zeeman nous a permis de résoudre la question. Cette étude a montré d'abord que les coefficients g des termes X_1, Y_1, X_2, Y_3 et X_3 ont les valeurs suivantes :

Terme.	X_1.	Y_1.	X_2.	Y_3.	X_3.
g	0,77	1,90	1,59	1,55	1,00

Ces valeurs diffèrent de celles qui correspondent à des multiplets normaux. Pour les interpréter, nous avons groupé suivant la valeur de leur quantique interne j les termes qui correspondent à l'orbite $3d$ dans le couple des systèmes de quadruplets et de doublets du spectre de OII.

j	Termes.					
$\frac{9}{2}$	$^4F_5$					
$\frac{7}{2}$	$^4F_4$	$^4D_4$		$^2F_4$		
$\frac{5}{2}$	$^4F_3$	$^4D_3$	$^4P_3$	$^2F_3$	$^2D_3$	
$\frac{3}{2}$	$^4F_2$	$^4D_2$	$^4P_2$		$^2D_2$	$^2P_2$
$\frac{1}{2}$		$^4D_1$	$^4P_1$			$^2P_1$

Nous avons remarqué alors que si l'on identifie les termes Y_1, X_2, Y_3 avec les termes $^4P_1$, $^4P_2$, $^4P_3$, le terme X_1 avec le terme $^4D_1$ et le terme X_3 avec le terme $^2F_3$, les valeurs trouvées pour les coefficients g de ces termes s'accordent avec la règle d'après laquelle la somme des termes de même j d'un même couple de systèmes doivent être les mêmes que si tous ces termes étaient normaux. Les observations de l'effet Zeeman ont montré en effet que les termes ^4F sont tous normaux, et qu'il en est de même des termes $^4D_4$, $^2D_3$, $^2D_2$, $^2P_2$.

Les termes X_1, Y_1, X_2, X_3, Y_3 étant ainsi identifiés, nous avons identifié au terme $^2F_4$ un terme X_4 donné par trois combinaisons avec les termes

([1]) R. Fowler et Hartree, *Proc. Roy. Soc. London*, 111 A, 1926, p. 83.
([2]) I. S. Bowen, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 231.

déjà connus $^4P_3$, $^4D_4$ et $^4D_3$. Cela nous a donné le doublet des termes $^2F_4$, $^2F_3$ cherché vainement par R. Fowler et Hartree, et nous a permis de compléter le système des combinaisons des quadruplets et des doublets de termes de OII correspondant à l'orbite $3d$ de l'électron émissif. Celles de ces combinaisons, qui n'ont pas été publiées déjà telles quelles par Bowen, sont données dans les tableaux suivants.

Combinaisons de quadruplets.

λ.	*i.*	ν.	Combinaison.	λ.	*i.*	ν.	Combinaison.
4864,87	1	20549,83	$3p\,^4S_2 - 3d\,^4D_1$	3883,12	2	25745,20	$3p\,^4D_4 - 3d\,D_3$ [1]
4856,76	2	20584,14	$3p\,^4S_2 - 3d\,^4D_2$ [1]	3882,17	5	25751,19	$3p\,^4D_4 - 3d\,D_4$ [1]
4856,40	2	20585,66	$3p\,^4S_2 - 3d\,^4D_3$ [1]	3864,66	2	25868,21	$3p\,^4D_3 - 3d\,D_2$ [1]
				3864,42	3	25869,80	$3p\,^4D_3 - 3d\,D_3$ [1]
4120,55	3	24261,77	$3p\,^4P_3 - 3d\,^4D_2$ [1]	3863,49	2	25876,03	$3p\,^4D_3 - 3d\,D_4$ [1]
4120,27	5	24263,42	$3p\,^4P_3 - 3d\,^4D_3$ [1]	3856,14	2	25925,34	$3p\,^4D_2 - 3d\,D_1$
4119,20	8	24269,73	$3p\,^4P_3 - 3d\,^4D_4$ [1]	3851,03	1	25959,74	$3p\,^4D_2 - 3d\,D_2$ [1]
4110,79	4	24319,37	$3p\,^4P_2 - 3d\,^4D_1$	3850,79	0	25961,34	$3p\,^4D_2 - 3d\,D_3$ [1]
4104,99	3	24353,77	$3p\,^4P_3 - 3d\,^4D_2$ [1]	3847,89	1	25980,90	$3p\,^4D_1 - 3d\,D_1$
4104,73	6	24355,32	$3p\,^4P_2 - 3d\,^4D_3$ [1]	3842,80	1	26015,37	$3p\,^4D_1 - 3d\,D_2$ [1]
4103,01	3	24365,32	$3p\,^4P_1 - 3d\,^4D_1$				
4097,24	6	24399,83	$3p\,^4P_1 - 3d\,^4D_2$ [1]				

Combinaisons de doublets.

λ.	*i.*	ν.	Combinaison.	λ.	*i.*	ν.	Combinaison.
4741,71	2	21083,67	$3p\,^2D_3 - 3d\,^2F_3$	4699,21	5	21274,24	$3p\,^2D_2 - 3d\,^2F_3$
4705,32	8	21246,63	$3p\,^3D_3 - 3d\,^2F_4$				

Combinaisons de doublets et de quadruplets.

λ.	*i.*	ν.	Combinaison.	λ.	*i.*	ν.	Combinaison.
3967,44	1	25198,07	$3p\,^4P_1 - 3d\,^2P_1$	3488,18	0	28660,07	$3p\,^2S_1 - 3d\,^4P_1$
3985,46	0	25084,09	$3p\,^4P_1 - 3d\,^2P_2$	3496,27	1	28593,76	$3p\,^2S_1 - 3d\,^4P_2$
4844,97	0	20634,21	$3p\,^4S_2 - 3d\,^2F_3$	3474,96	0	28769,10	$3p\,^2S_1 - 3d\,^4D_1$
4112,02	4	24312,09	$3p\,^4P_3 - 3d\,^2F_3$	4752,70	0	21034,83	$3p\,^2D_3 - 3d\,^4D_3$
4084,66	3	24474,95	$3p\,^4P_3 - 3d\,^2F_4$	4751,28	4	21041,11	$3p\,^2D_3 - 3d\,^4D_4$
4096,53	3	24404,05	$3p\,^4P_2 - 3d\,^2F_3$	4710,00	4	21225,52	$3p\,^2D_2 - 3d\,^4D_3$
3851,47	0	25956,77	$3p\,^4D_4 - 3d\,^2F_4$				
3875,80	0	25793,80	$3p\,^4D_4 - 3d\,^2F_3$	2161,45	0	46250,7	$3p\,^2D_3 - 5s\,^4P_3$
3833,08	1	26081,33	$3p\,^4D_3 - 3d\,^3F_4$	2160,27	0	46275,9	$3p\,^2D_2 - 5s\,^4P_2$
3857,16	2	25918,35	$3p\,^4D_3 - 3d\,^2F_3$				
3843,57	1	26010,67	$3p\,^4D_2 - 3d\,^2F_3$				

[1] Raies déjà classées.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Dispersion rotatoire naturelle des complexes molybdo-maliques.* Note de MM. **E. Darmois** et **R. Descamps**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une série de recherches, l'un de nous a décrit un certain nombre de propriétés des complexes que l'acide malique donne avec l'acide molybdique et les bases. Les plus importants de ces complexes sont : 1° les complexes dextrogyres dont le type est le sel d'ammonium

$$[4MoO^3.2C^4H^5O^5]Am^4 + 5H^2O;$$

2° les complexes lévogyres analogues au sel de potassium

$$[MoO^3.2C^4H^5O^5]K^2 + 2H^2O.$$

Le but du présent travail était l'extension à l'ultraviolet des mesures de dispersion rotatoire arrêtées à la raie indigo du mercure; les solutions utilisées sont tellement absorbantes qu'il ne nous a pas été possible de dépasser, même sous l'épaisseur faible de $1^{mm},7$, la raie ultraviolette 3655 Å du mercure. Les mesures ont été faites à l'aide du spectropolarimètre Cotton-Descamps déjà décrit (¹).

a. Sel dextrogyre d'ammonium. — Solution aqueuse $C = 10,000$. Température 20°. Les déterminations photographiques ont eu lieu pour les 3 raies 4358, 4047, 3655 Å et sous des épaisseurs respectives de

$$0,5541 (\pm 0,0002) \text{ dm}$$

pour les deux premières et

$$0,01733 (\pm 0,0005) \text{ dm}$$

pour la dernière. Des mesures visuelles pour les raies 5780, 5461, 4358 ont permis de raccorder les mesures photographiques actuelles aux résultats déjà obtenus pour le spectre visible. Le tableau suivant donne les valeurs du pouvoir rotatoire spécifique et du rapport de dispersion pour les raies principales du mercure; l'erreur probable indiquée tient compte des erreurs de lecture et de calibrage des tubes :

λ	5780	5461	4358	4047	3655
$[\alpha]$	217°,8	253°,1	495°,2 (±0,5)	649°,5 (±0,6)	1212° (±15)
$\frac{[\alpha]_\lambda}{[\alpha]_{5461}}$	0,861	1	1,957	2,566	4,79

(¹) *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 481-501.

La dispersion est très supérieure à celle donnée par la loi de l'inverse carré. Les valeurs de $[\alpha]$ se représentent bien par une formule à deux termes de Drude de la forme $[\alpha] = \frac{A}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{B}{\lambda^2 - \lambda_2^2}$, avec les valeurs suivantes des constantes :

$$A = +1,70, \quad B = +54,78, \quad \lambda_1^2 = 0,1281, \quad \lambda_2^2 = 0,0728.$$

A titre d'indication, nous donnons les valeurs de $[\alpha]$ calculées que l'on comparera aux valeurs observées ci-dessus :

λ	5780	5461	4358	4047	3655
$[\alpha]_{calc.}$	217,9	253,04	495,3	649,6	1210

b. Sel lévogyre de potassium (C = 20,000, T = 20°). — Mêmes remarques pour les données photographiques et visuelles :

λ	5780	5461	4358	4047	3655
$[\alpha]$	−48°,7	−56°,4	−106°,7 (±0,2)	−140°,2 (±0,2)	−236°,6 (±0,4)
$\frac{[\alpha]_\lambda}{[\alpha]_{5461}}$	0,864	1	1,892	2,487	4,19

La dispersion est nettement inférieure à celle du sel droit. Une formule à deux termes la représente bien avec les valeurs

$$A = +3,58, \quad B = +10,05, \quad \lambda_1^2 = 0,1065, \quad \lambda_2^2 = 0,0336.$$

Les longueurs d'onde propres, mises en évidence par les formules, sont respectivement :

Sel droit	$\lambda_1 = 3580$ Å	$\lambda_2 = 2698$ Å
Sel gauche	$\lambda_1 = 3264$	$\lambda_2 = 1834$

L'usage des formules du type ci-dessus suppose que l'influence de l'absorption est négligeable dans le domaine étudié ; les valeurs de λ_1 sont bien voisines de la dernière raie employée et il n'est pas très certain que la condition d'absorption négligeable est réalisée pour cette raie. On doit retenir, en tout cas, de la comparaison des deux dispersions que l'absorption doit avoir une marche très différente pour les deux séries de complexes ; ce fait serait intéressant à vérifier directement.

ATOMISTIQUE. — *Étude quantitative de la luminescence de la vapeur de mercure excitée par choc électronique.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Fabry.

J'ai été amené à déterminer, pour la radiation 2536 du mercure, la relation qui existe entre l'intensité du rayonnement émis et la vitesse des électrons excitateurs. Cette grandeur physique a été définie pour la première fois par Seeliger [1], sous le nom de fonction d'excitation.

Le principe de la mesure est le suivant :

Une enceinte métallique continuellement évacuée par une pompe à diffusion renferme de la vapeur de mercure à une température connue. Au sein de celle-ci un filament de carbone émet des électrons qui se dirigent vers une grille et une plaque planes toutes deux portées au même potentiel positif par rapport au filament. Les radiations excitées dans l'espace compris entre la grille et la plaque traversent une fenêtre de quartz mastiquée dans la paroi de l'enceinte et sont enregistrées photographiquement par un petit spectrographe de grande luminosité. Une série de clichés est prise sur la même plaque en maintenant constante l'intensité du courant électronique et en faisant varier graduellement la différence de potentiel accélératrice. En comparant par les procédés densitométriques habituels les noircissements obtenus à ceux produits par une source ultraviolette d'intensité connue, on peut déduire l'intensité du rayonnement de la vapeur correspondant à une vitesse donnée des électrons, c'est-à-dire (à un coefficient constant près) la fonction d'excitation.

Dans toutes les expériences, la source ultraviolette d'intensité constante était constituée par un arc à vapeur de mercure en quartz *fonctionnant sous tension et intensité constantes.* L'invariance de ces deux paramètres (obtenue en agissant sur le rhéostat de l'arc et sur le régime de ventilation) est, ainsi que l'ont montré Harrison et Forbes [2], une condition nécessaire de la constance du rayonnement.

L'effet perturbateur dû à la chute ohmique le long du filament est éliminé en employant pour le chauffage de celui-ci le courant intermittent d'un alternateur Villard [3]. Un commutateur synchrone porte les élec-

---

(1) *Ann. der Phys.*, **59**, 1919, p. 613.

(2) *Journal of the Optical Society of America*, **10**, 1925, p. 1.

(3) *Comptes rendus*, **145**, 1907, p. 389.

trodes à un potentiel négatif par rapport au filament et supprime ainsi toute décharge lorsque le courant de chauffage circule. La suppression de tout contact vibrant ou glissant permet d'éliminer les irrégularités de ceux-ci et d'obtenir une émission électronique bien constante.

J'ai tenu compte par des corrections appropriées des différentes causes d'erreur suivantes :

1° *Vitesse initiale des électrons.* — Lorsque le potentiel accélérateur ne dépasse pas quelques volts, le courant émis par le filament est limité par la charge spatiale à une valeur très inférieure à celle de l'émission thermionique et, seuls, les électrons les plus rapides peuvent franchir la zone de potentiel minimum située entre le filament et la grille. En appliquant entre cette électrode et la plaque un champ retardateur et en étudiant la variation du courant-plaque en fonction de ce paramètre, il est possible de déterminer la loi de répartition des vitesses initiales des électrons capables de pénétrer dans l'espace grille-plaque. Avec un filament de carbone de 2^{cm} de longueur et de $0^{cm},040$ de diamètre chauffé à une température de l'ordre de 2100° K. et une grille plane en toile métallique située à égale distance ($0^{cm},35$) du filament et de la plaque, la courbe figurant la proportion d'électrons possédant une énergie propre donnée (en volts) présente un fort maximum pour 1,10 volt et se confond pratiquement avec l'axe des abscisses pour les valeurs supérieures à 2,0 volts et inférieures à 0,5 volt. L'incertitude provenant de la non-homogénéité du faisceau électronique se trouve ainsi levée et une valeur exacte de la fonction d'excitation peut être obtenue par un calcul simple en partant de la valeur apparente.

2° *Effet de charge spatiale.* — Dans une Note précédente [1] j'ai calculé l'influence de la charge spatiale sur la valeur du potentiel à l'intérieur d'un faisceau d'électrons en mouvement. Les résultats obtenus ont permis de déterminer l'intensité du courant électronique au-dessous de laquelle l'effet perturbateur signalé devient inférieur à l'approximation des mesures (10^{-5} A : cm^2 si le potentiel doit être constant à 1 pour 100 près).

3° *Transparence de la fenêtre de quartz.* — Pendant le fonctionnement de l'appareil, la transparence de la fenêtre de quartz pour les rayons ultraviolets diminue lentement par suite du dépôt sur la face interne de celle-ci d'une très mince couche de carbone évaporé du filament et de microscopiques gouttelettes de mercure. L'importance de cet effet est mesuré périodiquement par la prise de clichés dans des conditions identiques d'excitation.

---

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1269.

4° *Variation de densité de la vapeur.* — La température de la paroi la plus froide de l'enceinte est mesurée avec une précision de $\frac{1}{10}$ de degré. On en déduit le nombre d'atomes de vapeur par centimètre cube et par suite la probabilité relative d'un impact entre électron et atome.

La méthode qui vient d'être sommairement décrite est applicable à toutes les radiations de longueur d'onde inférieure à 4000 Å, limite du fond continu produit par le filament. Elle est d'un emploi commode, les durées d'exposition étant de quelques minutes seulement: la précision obtenue est d'environ 5 pour 100.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Biréfringence électrique du benzile.* Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons montré dernièrement que le pouvoir rotatoire des cristaux rhomboédriques actifs analogues au quartz pouvait être évalué théoriquement en fonction de l'anisotropie propre des *molécules* du corps [1]. La détermination expérimentale de cette anisotropie paraît difficile dans le cas de SiO^2 qui fond à une température très élevée et est insoluble dans les liquides neutres. On sait d'autre part que le *benzile* $C^6H^5COCOC^6H^5$ cristallise dans le système ternaire et possède à cet état cristallin un pouvoir rotatoire du même ordre que celui du quartz (Des Cloizeaux). L'analogie cristallographique du benzile et du quartz a été corroborée par les récentes mesures de Allen; l'examen des cristaux par les rayons X a montré que les molécules du benzile occupaient les nœuds d'un réseau hélicoïdal ternaire, dont les paramètres ont pu être déterminés [2]. Il nous a donc paru intéressant de mesurer l'anisotropie de cette molécule organique, dont l'étude électro-optique ne présente pas les difficultés qui existent dans le cas de SiO^2. D'après le calcul fait pour le quartz, cette anisotropie doit être assez grande pour entraîner un pouvoir rotatoire de l'ordre observé.

L'anisotropie d'une molécule peut être déduite, par exemple, de l'étude de la biréfringence électrique du corps liquéfié. Il ne paraît pas impossible, *a priori*, d'observer la biréfringence du benzile fondu (F. 94°). Toutefois, avant d'entreprendre ces mesures un peu délicates, nous avons cherché une indication préliminaire dans l'étude du corps *dissous*.

---

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1241, et *Rev. gén. des Sciences*, 38, 1927, p. 467.

(2) *Phil. Mag.*, 7e série, 3, 1927, p. 1037.

Le solvant doit, bien entendu, être isolant et posséder une constante de Kerr aussi faible que possible; nous avons choisi le *benzène* ($d_{15} = 0,888$). Deux condensateurs étalonnés sont montés en parallèle, l'un ($l_c = 99^{mm},0$; $e = 5^{mm},55$) est placé dans la solution; l'autre ($l_c = 215^{mm},0$; $e = 6^{mm},50$) dans CS^2, dont la biréfringence donne la valeur du champ.

$\lambda = 546^{\mu\mu}$.	Ellipticités. Solution.	CS^2.
S_I $c = 20,3$; $d_{15^\circ} = 0,940$	$-7^\circ 20'$	$+9^\circ 37'$
S_{II} $c = 10,2$; $d_{15^\circ} = 0,914$	$-3^\circ 09'$	$+12^\circ 10'$

La réduction de ces résultats bruts donne [1]

$$\Gamma_I = -120, \qquad \Gamma_{II} = -41 \qquad \text{pour} \quad \Gamma_{CS^2} = +100.$$

Ces nombres doivent être corrigés de l'effet propre du solvant. Dans la même cuve, à l'état *pur*, celui-ci donne respectivement $+40'$ et $+51'$ pour les champs correspondants. Même en tenant compte de cette correction, on voit que la constante de Kerr de la solution augmente plus vite que la concentration [2]. *La biréfringence spécifique* $[\Gamma]$ *croît avec la concentration*, résultat qui s'accorde avec la théorie, d'après laquelle la quantité additive serait $\frac{[\Gamma]n}{(n^2+2)^2(K+2)^2}$; $[\Gamma]$ doit donc augmenter en même temps que la constante diélectrique K. La proportionnalité de Γ à la concentration donnerait d'après I, pour le benzile *pur*, une constante de Kerr comprise entre -600 et -700. D'après ce que nous venons de dire, ce nombre est certainement trop faible. Ces premières expériences ont permis néanmoins d'établir un résultat important : *la constante de Kerr du benzile est négative et supérieure en valeur absolue à celles de tous les autres corps négatifs connus*. (Par exemple, pour le *chloroforme*, $\Gamma = -100$ environ.) Nous avons montré dans des travaux antérieurs que ce fait devait s'interpréter théoriquement de la manière suivante : *la molécule de benzile possède un moment structural (permanent) important et simultanément une forte anisotropie*

---

(1) Le facteur de réduction des mesures $\frac{l'e^2}{le'^2}$, calculé d'après les dimensions données, est 1,586; une détermination expérimentale faite en remplissant les deux cuves de CS^2, nous a donné 1,590.

(2) La *dispersion* pour les raies $546^{\mu\mu}$ et $578^{\mu\mu}$ est $\Delta = \frac{6,66}{6,12} = 1,08$; les solutions colorées en jaune sont trop absorbantes pour permettre l'observation de la raie $436^{\mu\mu}$.

induite (¹). Ce résultat, déduit de l'observation du benzile, est précisément l'hypothèse que nous avions suggérée *a priori* pour interpréter certaines propriétés électriques et optiques du quartz (²). Il sera d'ailleurs contrôlé et précisé par l'étude directe des constantes diélectriques de nos solutions, qui doit permettre de déterminer séparément le moment structural de l'anisotropie de la molécule.

PHOTOCHIMIE. — *L'action du permanganate de potassium sur la plaque photographique et les infractions à la loi de réciprocité.* Note (³) de M. **Josef Hrdlička**, présentée par M. Ch. Fabry.

On explique les variations de $\gamma = \frac{dD}{d(\log t)}$ avec l'éclairement en faisant intervenir l'existence d'un seuil absolu de l'éclairement pour les diverses classes de grains. Pour vérifier ceci j'ai cherché à examiner les grains qui n'étaient pas touchés par l'action de la lumière en traitant la plaque par une solution de permanganate acide, de façon à dissoudre les grains que la lumière avait amenés à l'état développable et que le révélateur avait réduits en argent colloïdal.

On faisait varier l'intensité de la source lumineuse à l'aide d'un système de trois polariseurs. Les plaques au gélatino-bromure d'argent Lumière, extra-rapides étaient développées 3 minutes par du méthylparamidophénol. Pour dissoudre l'argent de l'image réduite on procédait de la façon suivante : après développement et rinçage on traitait la plaque par une solution de permanganate acide (2^g de permanganate de potassium et 10^{cm^3} d'acide sulfurique par litre) jusqu'à disparition complète de l'image, puis on rinçait, nettoyait dans une solution de bisulfite de sodium à 2 pour 100, rinçait de nouveau et séchait (tous les liquides à la température 17-18°).

On a constaté que le temps de dissolution de l'argent croît avec la densité. La dissolution se fait de la surface vers la profondeur de l'émulsion et pour la suivre il faut regarder la plaque par transparence. Si, après dissolution complète, on continue à soumettre la plaque à l'action du permanganate, un voile se produit. La grande sensibilité initiale de la plaque est

---

(¹) *Ann. de Phys.*, 10ᵉ série, **2**, 1924, p. 209; *Journal de Phys.*, 6ᵉ série, **6**, 1926, p. 28 S; *Rev. gén. des Sc.*, *loc. cit.*, p. 260.

(²) *Rev. gén. des Sciences*, *loc. cit.*, p. 474.

(³) Séance du 25 juillet 1927.

détruite par traitement au permanganate acide. Le coefficient γ est plus grand après la dissolution (de durée de 4 minutes) de l'argent réduit provenant d'un voile préalable (la densité de ce voile était 0,65 correspondant à un éclairement tel que $\log I = -1,248$) et l'écartement entre les deux courbes caractéristiques correspondant à deux éclairements différents est augmenté. Si l'on soumet la plaque à un traitement de durée croissante au permanganate acide avant l'exposition à la lumière et sans développement préalable, le coefficient γ décroît ainsi que la différence des γ correspondant aux divers éclairements. Les infractions à la loi de réciprocité avec la durée croissante diminuent. Ce sont des résultats analogues à ceux que j'ai obtenus par l'action de la phénosafranine (¹). Variations de γ :

log I.	0,000.	−1,068.
Traitement 4 minutes après développement :		
Sans l'éclairage préalable	1,44	1,29
Après l'éclairage préalable	1,78	1,50
Traitement sans développement préalable :		
Pendant 10 minutes	0,30	0,18
Pendant 4 minutes	0,58	0,34

L'influence du développement préalable s'oppose alors à l'action du permanganate en ce qui concerne la diminution de la sensibilité et de γ. Si l'on traite la plaque entre l'exposition à la lumière et le développement il n'apparaît pas la moindre trace d'image, même après un traitement très court et le développement infiniment prolongé. La destruction de l'image latente est complète.

J'ai essayé alors l'action du permanganate neutre, avec la même concentration que dans la solution acide, pendant 1 et 4 minutes. Le permanganate neutre (réactif de faible potentiel de réaction sur l'argent) affaiblit l'image latente et γ, mais sans variation du seuil de sensibilité. L'action du permanganate neutre rend développables les grains que la solarisation initiale avait rendus non développables. Avec un traitement d'une minute par le permanganate on observe un minimum de densité très bien caractérisé, correspondant toujours à un point situé entre la limite au delà de laquelle la courbe n'est plus rectiligne, et le maximum de densité. La densité pour l'image latente normale croît jusqu'à un certain maximum

(¹) *Časopis matematiky a fysiky*, 55, 1926, p. 45.

(dans quelques cas ce point coïncide avec la limite de la partie rectiligne), puis décroît, passe par un minimum situé également encore dans la partie de l'image normale et croît de nouveau.

Il semble qu'on pourrait conclure que la solarisation, au moins pour les grains superficiels et les plus sensibles, commence peut-être déjà avant le maximum de la courbe.

Pour une durée du traitement de 4 minutes, ce minimum n'est déjà plus si prononcé et dans quelques cas il apparaît comme un point anguleux. La densité pour le même produit $i \times t$ croît avec l'éclairement. J'ai constaté en général que l'image latente, de la même densité après développement (3 minutes), devient avec l'éclairement décroissant plus susceptible de subir l'action du permanganate neutre. Cette observation est analogue au résultat publié pendant mon travail par E.-R. Bullock (1), pour le ferricyanure de potassium.

On conclut que le permanganate de potassium acide, qui attaque l'argent colloïdal, détruit les germes, constitués d'après S.-E. Sheppard par du sulfure d'argent. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse que l'image latente est formée en partie d'argent métallique. Il faudra étendre ces expériences pour les réactifs qui attaquent l'argent colloïdal mais non le sulfure d'argent.

Pour l'émulsion étudiée j'ai obtenu des γ décroissants avec des éclairements croissants.

Ces résultats inattendus sont tout contraires à ceux obtenus par L.-A. Jones, E. Huse, V.-C. Hall (2) et l'auteur (3) sur d'autres émulsions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la spectrographie de fluorescence à l'examen des alcaloïdes en poudre*. Note de M. **A. Andant**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (4), j'ai montré qu'on peut construire en employant la spectrographie et l'enregistrement microphotométrique des courbes caractéristiques de la fluorescence des liquides.

(1) *Science et Industries photographiques*, 7, v, 1927, p. 21.

(2) *Journal of the Optical Society of America*, 11, 1925, p. 319; 12, 1926, p. 321; 13, 1926, p. 443; 14, 1927, p. 223.

(3) *Loc. cit.*

(4) A. Andant, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1068.

J'ai cherché à appliquer cette méthode à l'examen direct des produits chimiques en poudre et notamment de ceux qui, comme certains alcaloïdes, ne peuvent être préparés qu'en faible quantité.

Tout contre la fente d'un spectrographe est placée (inclinée à un peu moins de 45°) une lame de métal noirci, creusée d'une rainure étroite et peu profonde que l'on amène sur l'axe optique du spectrographe parallèlement à la fente. Dans la partie supérieure de la rainure est comprimée une petite quantité de la poudre à étudier; dans la partie inférieure est comprimée une poudre de comparaison. On forme sur la poudre l'image monochromatique de la fente d'un séparateur de radiations éclairé par un arc à mercure type Cotton. Les spectrogrammes sont étudiés au microphotomètre enregistreur Lambert-Chalonge et la comparaison des fluorescences se fait directement sur les courbes obtenues ([1]).

Des spectres de fluorescence bien caractérisés et qu'il est encore possible d'étudier au microphotomètre malgré leur faible largeur ($0^{mm},5$) ont été obtenus *avec des quantités d'alcaloïde extrêmement réduites et même avec quelques traces de poudre*. Ces résultats montrent le précieux avantage de la méthode pour l'étude des produits rares.

Au moyen du séparateur, on peut faire varier la longueur d'onde de la radiation excitatrice; il a été possible de photographier des spectres de fluorescence excités par les raies du mercure 3650, 3130, 2652, 2537 Å, sans atteindre des durées de pose excessives.

Une première étude a porté sur une série d'alcaloïdes purifiés par cristallisations successives. En même temps que la modification de la fluorescence avec l'état de pureté des cristaux, signalée par Bayle et Fabre ([2]), j'ai observé les phénomènes suivants :

1° Chaque alcaloïde possède, au moins pour une certaine radiation excitatrice, un spectre de fluorescence caractéristique. Avec la raie 3130, par exemple, la strychnine n'est pas fluorescente; la brucine l'est très faiblement; la cinchonine émet une faible lumière violacée de longueurs d'onde extrêmes, 3450 et 4100 Å, avec un maximum d'intensité resserré autour de 3640; la quinine donne une émission plus intense s'étendant de 3470 à 4850 Å, avec un maximum étalé entre 3700 et 4150 Å (*fig.* 1).

([1]) Les figures 1 et 2 sont les reproductions de telles courbes à l'échelle $\frac{1}{5}$. Aux maxima d'intensité de la fluorescence, c'est-à-dire aux maxima de noircissement de la plaque photographique, correspondent les points d'ordonnées *minima*.

([2]) Bayle et Fabre, *J. de Pharm. et de Chimie*, 1, 1925, p. 248.

2° On emploie couramment, pour provoquer la fluorescence, la radiation 3650 qu'il est facile d'isoler (lumière de Wood). Dans ce cas, et même parfois avec la radiation 3130, des alcaloïdes différents donnent souvent des spectres de fluorescence semblables se traduisant par des courbes très voisines qui ne permettent aucune différenciation. Par exemple, la caféine

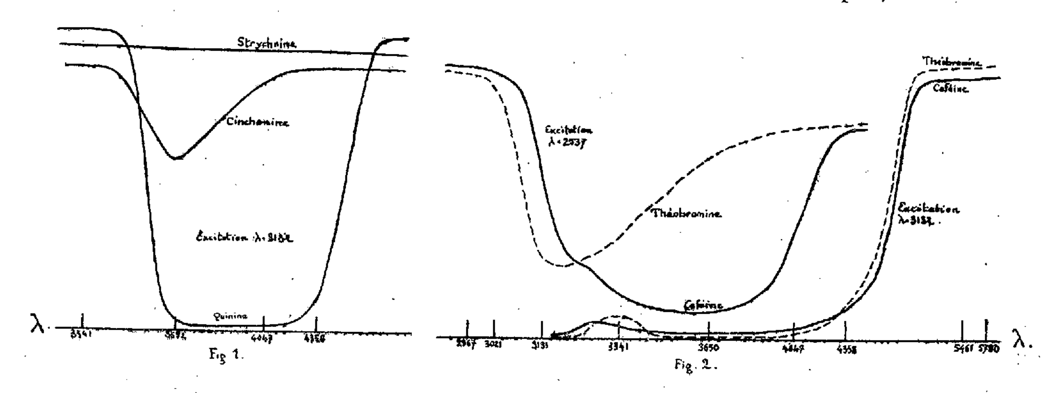


Fig 1. Fig. 2.

et la théobromine donnent, dans des conditions identiques, avec les raies d'excitation 3650 ou 3130 Å, des courbes fort voisines, ainsi que le montre la figure 2. Si l'on excite la fluorescence avec la radiation 2537, on voit, d'après les courbes, que les deux alcaloïdes émettent une lumière de fluorescence comprise entre 3000 et 4350 Å. Une large région de maximum d'intensité s'étend pour la caféine autour de 3620, alors que pour la théobromine cette région est relativement peu étendue et le maximum se trouve au voisinage de 3190. Les intensités sont, elles aussi, différentes : la théobromine devient moins fluorescente que la caféine quand la longueur d'onde excitatrice diminue.

L'avantage de l'emploi de radiations excitatrices de longueurs d'onde de plus en plus courtes, est de faire apparaître des différences nettes dans les fluorescences ultraviolettes, étudiées par la photographie. Ce procédé étend encore le champ de l'analyse des substances au moyen de leur fluorescence.

CHIMIE MINÉRALE — *Sur la purification de la glucine.* Note (1) de MM. **Ed. Chauvenet** et **E. Duchemin**, présentée par M. G. Urbain.

La glucine impure peut être purifiée par différents procédés, en particulier ceux de Lebeau (2), de Wyrouboff (3), de Havens et Way (4).

Le premier procédé consiste à transformer le produit impur en sels solubles, à éliminer le fer par le ferrocyanure de potassium, à précipiter l'alumine et la glucine et à traiter ces hydrates en suspension dans l'ammoniaque par l'anhydride carbonique. Dans ces conditions, le glucinium seul se dissout sous la forme d'un carbonate double de glucinium et d'ammonium; à l'ébullition, cette solution laisse précipiter du carbonate de glucinium basique.

Wyrouboff purifie le glucinium en traitant la solution concentrée de chlorure par l'oxalate de potassium; ce sel détermine la formation d'un précipité cristallin d'un oxalate double de glucinium et de potassium.

Enfin Havens et Way font agir sur la glucine un mélange de chlore et de gaz chlorhydrique; ces réactifs purifient partiellement le produit puisqu'ils éliminent seulement le fer.

Étant en possession d'une glucine commerciale renfermant 1,5 pour 100 environ d'impuretés se répartissant en fer, aluminium et calcium, nous l'avons purifié au moyen de l'oxychlorure de carbone. On sait que ce produit est un excellent agent de chloruration et nous avons mis à profit la facilité avec laquelle il attaque les oxydes. Des quatre corps composant le mélange, l'oxyde de fer, l'alumine et la chaux se laissent chlorurer très rapidement à la température de 455°, tandis que, dans ces conditions, la vitesse d'attaque de la glucine est faible.

L'opération est simple : on introduit la glucine dans un tube de silice et, pour empêcher l'entraînement de la poudre par le courant gazeux, on place à l'avant et à l'arrière de la substance une plaque en porcelaine perforée. Le tube est chauffé soit au moyen d'une grille à analyse, soit au moyen d'un four à résistance, un couple thermo-électrique Le Chatelier fait connaître la température que l'on règle à 450°.

L'oxychlorure de carbone transforme les oxydes de fer et d'aluminium en chlorures volatils qui vont se déposer dans des flacons placés à la suite

---

(1) Séance du 8 août 1927.

(2) Lebeau, *Comptes rendus*, **121**, 1895, p. 641.

(3) Wyrouboff, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **27**, 1902, p. 733.

(4) Havens et Way, *Am. Journ. of Science*, 4e série, **8**, 1899, p. 217.

du tube en silice, tandis que les chlorures de calcium et de glucinium qui se forment restent fixes. On est averti de la fin de l'opération quand on ne voit plus les vapeurs de chlorures volatils s'échapper du tube.

Dans nos expériences, 1 heure et demie à 2 heures suffisent pour purifier 50^g de glucine; la substance renfermée dans le tube contient de la glucine, la totalité du calcium à l'état de chlorure et un peu de chlorure de glucinium. On la reprend par l'eau qui dissout les chlorures; on obtient ainsi 80 à 85 pour 100 de glucine tout à fait pure. Il va de soi que la dissolution précédente peut être traitée en vue de la séparation des deux métaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone. Acides benzalphényléthylsucciniques et benzylphényléthylmaléiques.* Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une Note récente [1], j'ai indiqué que l'anhydride (I), résultant de l'action prolongée de l'anhydride acétique sur l'acide (II), étant soumis à l'ébullition avec une solution

$$\begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.COH.CO \\ \qquad\qquad\quad | \qquad\qquad\; \rangle O \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.CH\;\; .CO \end{array} \text{ (I).} \qquad \begin{array}{c} C^6H^5.CH^2.CH.CO^2H \\ | \\ O \\ | \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.CH.CO^2H \end{array} \text{ (II).}$$

aqueuse ou alcoolique de potasse ou de soude, donne naissance à plusieurs acides éthyléniques bibasiques $C^{19}H^{18}O^4$ pouvant être représentés par les formules (III) ou (IV) :

$$\begin{array}{c} C^6H^5.CH = C.CO^2H \\ | \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.CH.CO^2H \end{array} \text{ (III).} \qquad \begin{array}{c} C^6H^5.CH^2.C.CO^2H \\ \| \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C.CO^2.H \end{array} \text{ (IV).}$$

J'ai isolé quatre de ces acides isomères. Trois ont été décrits dans la Note précédente; ils fondent à 161°, 184° et 120° et ont été désignés par les lettres A, B, C.

Le quatrième, que j'appellerai provisoirement acide D, fera l'objet de cette Note.

Cet acide, qui fond à 194°, se rencontre surtout dans les opérations où l'on prolonge l'action de l'alcali. On le sépare des autres isomères présents, tels A et B, par la solubilité plus grande de son sel de calcium. A la vérité le sel de calcium de l'acide C est également très soluble, mais celui-ci n'existe que

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1255.

dans les premiers moments de l'opération et se transforme ensuite dans les autres isomères; on ne le trouve donc pas en même temps que l'acide D.

Le mode d'obtention le plus avantageux de ce dernier isomère consiste à partir de l'acide B, que l'on chauffe à l'ébullition pendant 10 heures avec de la lessive de soude étendue de trois fois son volume d'eau. On sépare l'isomère D de l'acide B non transformé en utilisant la grande différence de solubilité des sels de calcium.

L'acide D, fondant à 194°, est insoluble dans l'eau, dans le benzène, le chloroforme, assez soluble dans l'éther, plus soluble dans l'alcool.

Lorsqu'on cherche à préparer son anhydride par l'action de l'anhydride acétique à 100°, maintenue une demi-heure (car la réaction est plus lente qu'avec les trois autres isomères), le corps que l'on obtient est, en réalité, l'anhydride de l'acide B : il a le même point de fusion et il régénère ce dernier sous l'action des alcalis; ce fait vient apporter une nouvelle relation entre les acides B et D.

Ajoutons que l'acide D, comme l'acide B, n'est pas hydrogénable par l'amalgame de sodium.

Il paraît donc logique d'attribuer à l'acide D la même formule (IV) qu'à l'acide B dont il semble être l'isomère *trans*.

Bien entendu, cet acide D, chauffé pendant 3 heures à l'ébullition avec un excès d'anhydride acétique, retourne comme les trois autres acides A, B, C à l'anhydride générateur (I).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme des transpositions moléculaires.* Note (¹) de Mme **Ramart-Lucas**, présentée par M. Jean Perrin.

Utilisant la semivalence de M. Jean Perrin (²), j'ai proposé (³) un mécanisme qui explique certaines transpositions par simple migration d'électrons de valence entre atomes voisins. J'ajoute ici quelques exemples analogues, puis j'aborde les transpositions qui s'accompagnent d'élimination d'eau, d'acides ou de sels. Les conventions ont été indiquées (³); les R sont des H. ou des radicaux monovalents, les A et A′ les molécules initiales et finales, et les α des molécules intermédiaires peu stables.

1. *Transposition de Beckmann* (Cétoximes → amides N. substituées). — La cétoxime A, après influence de certains réactifs, devient (α) peu stable, qui devient à son tour l'amide ou l'imide (A′).

(¹) Séance du 20 septembre 1927.

(²) Jean Perrin, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 557.

(³) Mme Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 561.

Isomérisation des oxydes d'éthylène. — Les oxydes (A_1) sont transformés par la chaleur en aldéhydes ou cétones (A'_1), après passage par la forme (α_1).

(A). (α). (A'). (A_1). (A'_1). (α_1)

2. *Transposition pinacolique.* — Sous l'influence de certains acides, les glycols bitertiaires ou pinacones perdent H^2O et sont transformés en cétones, avec migration de l'un des radicaux. On supposera la suite de réactions : 1° fixation d'une molécule d'acide HX sur l'un des OH de (A_2) et formation d'un produit d'addition peu stable α_2; 2° transformation de α_2 en α'_2 avec départ de H^2O; 3° α'_2 perd HX, il se fait α''_2 ayant la forme peu stable (α_1) des oxydes d'éthylène; 4° α''_2 se transforme en cétone (A').

(A_2). (A'_2). (α_2) (α'_2) (α''_2)

(I). (II). (III).

On comprend alors que si l'un des OH est fixé sur un noyau polyméthylénique, celui-ci s'ouvre facilement en donnant une cyclanone. Par exemple le diphényltétraméthylène glycol (I) est transformé en diphénylcyclohexanone (III) (Meerwein) [1], le composé intermédiaire étant (II).

Transformation des amides en amines. — Une solution alcaline de Br transforme une amide primaire d'abord en dérivé bromé-sodé; ce dernier perd ensuite NaBr et il se forme un éther isocyanique qui, en présence d'alcali, se scinde en amine et CO^3Na^2. Les différentes phases de la réaction seraient les suivantes : 1° addition de Br + NaOH sur l'amide et formation de (α_3); 2° départ de HBr + H^2O sur α_3 il se fait α'_3; 3° NaBr s'élimine et le reste de la molécule prend la forme A'_3 (éther isocyanique).

R—CO.NH² ↓ OH R—C=NH (A₃). → R-C═N-H, O-H, Br-Br, Na-OH (α_3) → C═N, R, O, Na, Br (α'_3) C═N.R, O (A'_3)

Transpositions accompagnant la déshydratation d'alcools. — Certains alcools subissent une transposition moléculaire quand on les déshydrate (la transposition n'a pas toujours une nécessité structurale). Ici encore on supposera pour l'alcool (A_4) une forme peu stable (α_4) de laquelle s'éliminera une molécule d'H^2O; une autre molécule peu stable (α'_4) prendra naissance, et c'est cette dernière qui donnera, suivant les conditions de l'expérience, l'un des trois carbures isomères susceptibles de se former.

R, R′, R″ >C—CH².OH (A_4). → R′ C═CH, R″, R, H--O--H (α_4) → R′-C═CH, R″, R (α'_4)

Bref, la semivalence qui explique les réactions entre molécules explique aussi aisément les transpositions intramoléculaires et l'on comprend que, en raison des activations nécessaires, la nature des

---

(1) MEERWEIN, *Lieb. Ann.*, 419, 1919, p. 121.

transpositions dépend non seulement des radicaux, mais aussi de la température, de la pression, et du solvant. Quoi qu'il advienne de cette explication, ce qui me semble essentiel est que *le même phénomène élémentaire qui permet la réaction entre molécules amenées en présence peut se produire à l'intérieur d'une molécule entre atomes ou radicaux différents, l'explication devant être la même dans les deux cas.*

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie et la métallogénie du gisement de zinc de Cho Dien (Tonkin).* Note de M. **F. Blondel**, présentée par M. Pierre Termier.

L'important gisement de zinc de Cho Dien, qui produit actuellement près de 40000 tonnes de minerai marchand par an, est situé dans le Haut-Tonkin, à environ 140^{km}, à vol d'oiseau, au nord de Hanoï.

La géologie générale de cette région a été étudiée, il y a quelques années, par M. R. Bourret [1]; une reconnaissance de détail que nous venons d'exécuter récemment confirme pleinement l'analyse qui a été donnée à cette époque.

La formation minéralisée, actuellement exploitée, se trouve dans un horizon calcaire, plus ou moins métamorphique, d'environ 200^m d'épaisseur, et rapporté au Dévonien par M. Bourret; ces calcaires sont compris entre deux séries d'alternances de couches schisteuses et calcaires où la minéralisation n'a pas encore été recherchée systématiquement.

L'ensemble a été considérablement laminé par des charriages rhétiens; postérieurement, il a été disloqué par des failles à direction NE.

L'ensemble des recherches et des exploitations minières, conduites avec beaucoup de méthode, permet de se faire une idée assez nette de la minéralisation de ce massif. En laissant de côté les minerais sulfurés, assez rares, on peut grouper les zones minéralisées en carbonate et silicate en trois catégories qui ont entre elles des relations évidentes.

1° *Les fractures.* — Il s'agit ici des fractures de direction N-E dont il a été question plus haut. Elles présentent par places des élargissements minéralisés ayant grossièrement la forme de colonnes plus ou moins rapprochées de la verticale. La section horizontale de ces colonnes est naturelle-

---

(1) R. Bourret, *Études géologiques sur le nord-est du Tonkin* (*Bulletin du Service géologique de l'Indochine*, 11, 1, 1922, p 41 et 234).

ment elliptique; elle a parfois plus de 50^m de longueur dans le sens de la fracture, avec une largeur qui peut atteindre 4 à 5^m dans le sens perpendiculaire.

Le remplissage minéralisé consiste soit en calamine (silicate) plus ou moins compacte, soit en smithsonite, sans qu'aucune loi bien nette permette de se rendre compte de la répartition relative de ces deux minéraux. On peut cependant remarquer que les mélanges du silicate et du carbonate sont rares; et que le carbonate paraît surtout se trouver dans les élargissements les plus considérables où sa présence unit ainsi, au grand avantage de l'exploitant, la qualité à la quantité.

2° *Les amas-couches*. — Au voisinage de la base des calcaires exploités qui reposent sur une couche schisteuse, on rencontre assez fréquemment des amas assez régulièrement interstratifiés, soit au contact même des schistes, soit assez souvent au-dessus d'un banc calcaire de quelques mètres d'épaisseur qui sépare le minerai du schiste. Ces amas, dont les dimensions sont parfois assez grandes, sont toujours en relation directe avec l'une des fractures de la catégorie précédente.

Ces amas sont presque toujours constitués par de la smithsonite ordinairement très belle et très pure. La seule exception notable serait le gros amas du Fia Kao (ou Pia Khao), formé de silicate, mais que l'on peut également envisager comme une zone particulièrement importante de corrosion, analogue à celles de la catégorie suivante :

3° *Les poches*. — Les calcaires sont percés d'innombrables poches ou puits, à peu près circulaires et à parois sensiblement verticales sur une certaine hauteur, tandis qu'ils se terminent généralement en pointe conique en profondeur. Certaines de ces poches ont 7 à 8^m de diamètre et plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Elles ne diffèrent pas, en réalité, des puits des calcaires ordinaires; comme eux, elles sont remplies d'une argile de décalcification brun rouge; mais cette argile est très fortement minéralisée et contient de nombreux rognons de calamine (silicate). Il est à remarquer qu'aux affleurements et sur quelques mètres de profondeur, on trouve dans ces poches une sorte de brèche composée de fragments de schistes, de quartz et d'hématite, unis par un ciment calaminaire.

L'existence de cette brèche paraît bien montrer que ces poches sont dues à une corrosion des calcaires se propageant de haut en bas.

Ces observations soulèvent toute une série de problèmes intéressants que nous nous proposons de traiter ailleurs d'une manière plus étendue.

GÉOLOGIE. — *Sur la nature et l'âge du limon des plateaux au nord-est de La Ferté-sur-Aube.* Note de M. E. BRUET, transmise par M. Depéret.

Dans une précédente Note [1] nous avons signalé le passage latéral très net des ocres rouges d'âge Villafranchien au limon des plateaux. Cette dernière formation n'est pas particulière à la vallée de l'Aujon, elle apparaît également dans la vallée de l'Aube et notamment au nord-est de La Ferté-sur-Aube où on la suit de l'est de Juvancourt à l'ouest et au nord-ouest de Cirfontaine-en-Azois, reliant ainsi la vallée de l'Aube à la vallée de l'Aujon, avec une différence de niveau de 140^{m} environ par rapport au thalweg des deux rivières. Les analyses suivantes [2] montrent la profonde analogie qui existe entre le limon de la forêt d'Arc, renfermant des galets Vosgiens et des galets calcaires, ceux-ci d'origine locale, et le limon de La Ferté-sur-Aube renfermant un cailloutis.

	a. Limon de La Ferté-sur-Aube.	*b.* Limon de la forêt d'Arc.
Perte au feu	9,5	7,1
Silice totale	69,5 [3]	73,5 [4]
Alumine	13,5	12,4
Oxyde de fer	4,6	4,6
Chaux	0,5	0,4
Magnésie	traces	traces
Alcalis en K^2O	1,7	1,6
Acide titanique	0,3	0,3
Acide sulfurique en SO^3	néant	néant
	99,6	99,9

Ces chiffres sont aussi très éloquents lorsque l'on rapporte la silice combinée, l'alumine, le fer, à l'*argile vraie*. On a alors tous calculs faits : SiO^2 : $a = 37$ pour 100 ; $b = 35,9$ pour 100. Al^2O^3 : $a = 28,2$ pour 100 ; $b = 30$ pour 100. FeO : $a = 9,6$ pour 100, $b = 11$ pour 100. Le limon composé ainsi de quartz et d'argile, de couleur jaunâtre, repose sur des assises calcaires polies et fissurées, dans un état de netteté remarquable

(1) E. BRUET, *Sur le Pliocène supérieur de la vallée de l'Aujon* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 602).

(2) Ces analyses sont effectuées par M. Boulanger.

(3) Silice libre : 51,8.

(4) Silice libre : 58,7.

contrastant vivement avec les roches décomposées ou encore en voie de décomposition des ocres d'Arc. Nous signalons en particulier l'absence complète de concrétions calcaires, mais la présence de limonite lavée et roulée dans le limon. A la surface des roches calcaires du substratum il existe un léger dépôt de calcaire pulvérulent dont le départ met en relief les fossiles affleurant à la surface des roches et contribue ainsi à l'apparence de polissage qui les caractérise. Le contact du limon et des roches calcaires est net et il n'existe pas de trace de passage de l'un à l'autre. Les galets calcaires contenus dans le limon sont parfaitement intacts. Ces caractéristiques pourraient peut-être s'appliquer aux limons (où à certains d'entre eux) signalés par de Cossigny sur la feuille de Chaumont, dans la vallée de l'Aube (en amont de Bar-sur-Aube), de la Renne affluent de l'Aujon, de la Bresse et du Landion affluents de l'Aube, situés à une altitude relative soit de 140^m, soit de 190^m environ.

Pour l'affirmer, il sera nécessaire d'étudier chaque gisement par des fouilles appropriées. De Cossigny indique dans la notice explicative de la feuille que ce limon « sableux ou argilo-ferrugineux » paraît provenir de l'*ablation* d'argiles ferrugineuses voisines. Sauf en ce qui concerne les « cailloux provenant du calcaire sous-jacent qui paraissent rongés par un liquide dissolvant », absents dans les formations étudiées par nous, nous estimons comme cet auteur que le limon des plateaux au nord-est de La Ferté-sur-Aube (de même que celui d'Arc au contact d'argiles ferrugineuses) provient du remaniement d'argiles ferrugineuses. La présence des galets vosgiens qui dans les ocres n'existent qu'avec les os des mammifères fossiles nous montre l'apport évident d'éléments étrangers. Les observations ci-dessus rendues possibles par les nombreuses fouilles que nous avons effectuées prouvent donc que le limon des plateaux n'est, dans la région étudiée, ni un faciès éluvien dû seulement à la décomposition superficielle des roches et à l'action du ruissellement, ni un faciès éolien. C'est un faciès alluvial auquel l'altération superficielle a dû apporter sa contribution. Nos conclusions sont les suivantes : dans les régions stables et depuis longtemps exondées où coulent actuellement l'Aube (en amont de Bar-sur-Aube) et l'Aujon, il existait au Miocène des terrains altérés composés généralement d'argiles ferrugineuses. Au Pliocène supérieur (Villafranchien) il s'est établi un régime fluvial qui a repris ces argiles ferrugineuses ou autres dépôts altérés, déposé l'ocre rouge et le limon d'Arc, ainsi que le limon de La Ferté-sur-Aube. D'autres vestiges de ces événements paraissent subsister par ailleurs.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Courbes de croissance et hérédité du caractère précocité à des latitudes très différentes.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. L. Guignard.

J'ai donné les résultats de cultures du *Lepidium sativum* faites en 1926, à des époques différentes de la même année, pour voir si les variations thermiques du milieu n'avaient pas une influence sur la précocité acquise et héritée en plein air après la vie sous châssis, à Rennes [1]. Dans le même but, grâce à l'obligeance de MM. Maire, Fouque, John Russel et de Miss W. E. Brenchley, j'ai pu obtenir trois groupes de cultures complémentaires qui, avec celles de Rennes, m'ont fourni quatre groupes très éloignés les uns des autres en direction N-S.

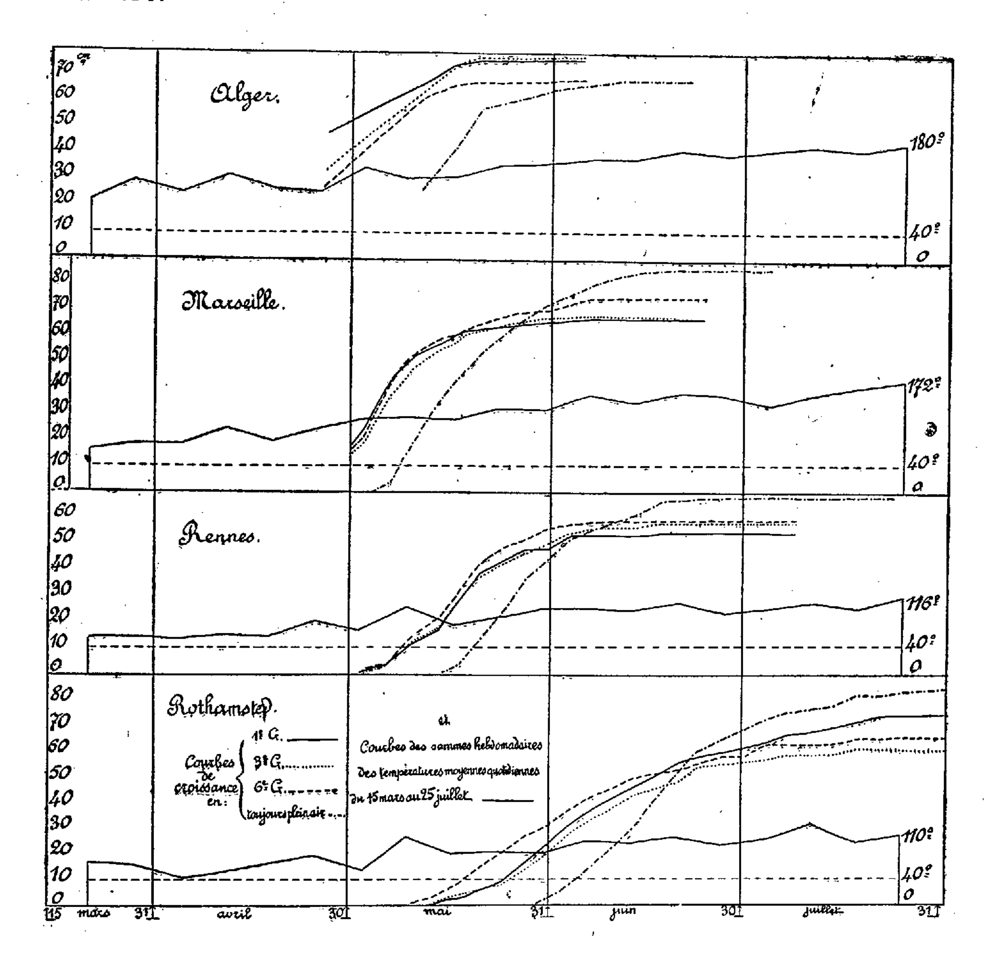
Ces cultures ont été faites en plein air, conformément à un programme commun qui a été suivi par mes collaborateurs dans la mesure où leur possibilité d'action et leurs moyens, très mesurés dans quelques cas, leur a permis de le faire. Les semis ont été faits le 15 mars 1927 à Alger, Rennes, Rothamsted, et le 18 mars à Marseille, avec quatre sortes de graines provenant de mes cultures de 1926, comme il est indiqué dans ce qui suit :

Numéros des cultures de 1926 qui ont fourni les graines des semis faits aux 4 stations.	Nombre et ordre des générations		
	successives sous châssis à Rennes.	en plein air après la vie sous châssis	
		en 1926.	en 1927.
388	16	0	1re
412	14	2^e^	3^e^
406	9	5^e^	6^e^
405	0	∞	∞

On a mesuré, à des dates plus ou moins rapprochées, la taille du plus haut pied dans chaque culture, aux quatre stations, et c'est avec les mesures de cette taille que j'ai construit, dans le tableau ci-après, les courbes de croissance du *Lepidium sativum* des 1re, 3e, 6e générations de plein air après la vie sous châssis, et du témoin toujours de plein air (∞). J'y ai représenté aussi les courbes des sommes hebdomadaires des moyennes quotidiennes

(1) Pierre Lesage, *Sur la persistance du caractère précocité aux diverses époques de l'année* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p 40).

de température dont les éléments m'ont été fournis par M. le général Delcambre.



Ce qui frappe d'abord, dans ce tableau, c'est que, dans les limites des latitudes explorées, la durée de la période végétative diminue quand la température augmente, accusant ainsi une précocité qu'il faut attribuer à la chaleur. D'après cela, on est en droit de dire que les graines gardent le souvenir de la précocité acquise sous l'influence de la chaleur, par la vie sous châssis, lorsqu'elles donnent des plantes qui la manifestent encore en plein air, c'est-à-dire en l'absence de la cause, après quelques générations de vie sous châssis et, en particulier à Rennes, après un entraînement de deux générations, une seule ne suffisant pas, comme l'a montré un essai spécial fait en 1927, sur le *Lepidium* de mes expériences. Nous verrons,

en 1928, ce que les graines d'Alger et de Marseille donneront dans des régions plus septentrionales, et si l'entraînement d'une seule génération suffit pour y provoquer la précocité.

Ensuite on voit que le caractère précocité persiste aux quatre stations et demeure héréditaire jusqu'à la sixième génération au moins.

En ce qui concerne le rendement final, quant à la taille, il subit des variations qu'on perçoit déjà sur les courbes de croissance, mais que la moyenne de la taille des plantes, dans chaque culture, à la récolte, rend assez intéressantes pour qu'il y ait lieu d'y revenir plus tard.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Sur la théorie de l'excitation des nerfs et des muscles par des courants électriques de haute fréquence et de courte durée.* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. G. Urbain.

La quantité du sel transporté par le courant électrique pendant le temps dt et accumulé sur la membrane semiperméable ($x=0$), se trouvant dans le nerf ou le muscle entre des électrodes est égale à $pi\,dt$, p étant une constante et i l'intensité du courant à l'instant t. D'autre part, la quantité diffusée dans le même temps est donnée par $k\frac{\partial C}{\partial x}dt(x=0)$, k étant le coefficient de diffusion et C la concentration du sel.

L'accroissement de concentration à la membrane est donc égal à

$$(1)\qquad \begin{cases} dC = pi\,dt - k\dfrac{\partial C}{\partial x}dt \\ (x=0). \end{cases}$$

Dans les parties de l'organe comprises entre les électrodes, l'équation de diffusion

$$(2)\qquad \frac{\partial C}{\partial t} = k\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

doit être satisfaite.

L'intégrale de l'équation (2) vérifiant la condition (1) nous donne la concentration du sel si, au point $x=0$, $C=A$, A étant une constante, nous avons le seuil de l'excitation [1].

Si le temps d'action d'un courant constant est assez grand, ou si les varia-

[1] W. Nernst, *Pflüger's Archiv.*, 122, 1908, p. 275. — P. Lasareff, *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation*, p. 35-40 et 70, Moscou, 1918 (en français).

tions d'un courant variable sont assez lentes, la diffusion enlève tout le sel déposé et l'on a dans ce cas $dC = 0$; par conséquent,

$$pi = k\frac{\partial C}{\partial x} \quad (x = 0) \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial C}{\partial t} = k\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}.$$

Ce sont précisément les équations de M. Nernst, dont l'intégration nous permet de retrouver les lois célèbres de M. Nernst.

Si i, dans le cas du courant continu, est très grand, ou si le courant périodique a une période T très courte, le processus de diffusion n'a pas le temps d'agir et il est légitime de le négliger.

On a donc

$$(3) \qquad dC = pi\,dt \qquad \text{ou} \qquad \frac{dC}{dt} = pi \qquad (x = 0).$$

Deux cas doivent être examinés : $i = a\cos 2\pi N t$ et $i = i_0 = \text{const.}$

I. Si $i = a\cos 2\pi N t$, nous avons

$$\frac{dC}{dt} = pa\cos 2\pi N t \qquad \text{et} \qquad C = C_0 + \frac{p}{2\pi}\left(\frac{a}{N}\right)\sin 2\pi N t$$

Le maximum de C est égal à $C_1 = C_0 + \frac{p}{2\pi}\left(\frac{a}{N}\right)$.

Pour le seuil de l'excitation $C_1 = A$ et par conséquent

$$\frac{a}{N} = \frac{2\pi(A - C_0)}{p}.$$

Nous voyons donc que, si un courant produit l'excitation, il en est de même pour tous ceux satisfaisant à la relation $\frac{a}{N} = \text{const.}$

Des expériences récentes de mon collaborateur M. Rsjevkine avec N variant de 50000 à 320000 confirment cette loi.

II. Si $i = i_0$, nous avons

$$C = pi_0 t + C_0,$$

d'où, pour le seuil de l'excitation,

$$i_0 t = \frac{A - C_0}{p} = \text{const.};$$

$i_0 t$ doit donc rester constant.

Les expériences de M. Engelmann, dans un certain intervalle de t, confirment également cette loi ([1]).

([1]) Voir LOUIS LAPICQUE, *L'excitabilité en fonction du temps*, p. 38, Paris, 1926.

BACTÉRIOLOGIE. — *Les formes filtrantes du bacille de Koch dans la tuberculose canine*. Note de MM. **Lesbouyries** et **Verge**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons recherché la présence des formes filtrantes du bacille tuberculeux au sein de liquides pathologiques — pleurésie, ascite — recueillis aseptiquement, par ponction du thorax ou de l'abdomen, chez des chiens naturellement infectés.

Nous avons contrôlé la tuberculose spontanée de ces animaux par l'autopsie et nous avons pu mettre, chaque fois, en évidence des lésions spécifiques riches en bacilles de Koch.

Nous avons également recherché, avant toute filtration, soit par les méthodes bactérioscopiques, soit par l'inoculation au cobaye, la présence des germes acido-résistants spécifiques au sein des liquides organiques centrifugés au préalable. Nous avons pu constater leur existence dans les deux cas qui font l'objet de cette Note, aussi bien par la coloration selon la technique classique de Ziehl que par la tuberculisation de cobayes expérimentalement infectés.

Voici le résumé de nos observations :

A. *Chien M... atteint de pleurésie séro-fibrineuse.* — On retire par ponction de la plèvre 30^{cm^3} de liquide louche, fibrineux, ni purulent, ni hémorragique; 10^{cm^3} de ce liquide sont centrifugés et le culot de centrifugation, redilué dans 10^{cm^3} de sérum physiologique stérile, est inoculé sous la peau de la cuisse droite de deux cobayes. Ces animaux succombent après 90 et 102 jours; l'autopsie révèle les lésions classiques de la tuberculose du cobaye : chancre au niveau du point d'inoculation; hypertrophie et caséification des ganglions, en particulier des ganglions précruraux et iliaques; hypertrophie et nodules caséeux au niveau du foie, de la rate, du poumon, etc.

Le culot de centrifugation du liquide pleurétique, examiné au microscope, est formé de très nombreux lymphocytes, d'assez rares polynucléaires, de diplocoques colorés par le procédé de Gram et de bacilles de Koch (1 à 2 par champ).

Les 20^{cm^3} de liquide pleurétique restant sont dilués au moyen d'une égale quantité de sérum physiologique stérile, additionnés d'une culture en bouillon peptoné de Pasteurella aviaire (*B. avisepticus*) et filtrés alors sur bougie Chamberland L3. La filtration se fait sous la simple pression du liquide et dure exactement 15 minutes. Le filtrat ensemencé sur gélose-ascite et bouillon-ascite, pour vérification de la bonne marche de la filtration, est inoculé à quatre cobayes de la façon suivante :

2 cobayes reçoivent chacun 5^{cm^3} dans le péritoine;

2 cobayes reçoivent chacun 5^{cm^3} sous la peau de la cuisse droite.

Les milieux solides et liquides ensemencés restent stériles : c'est la preuve que l'opération a été bien conduite.

Malheureusement trois cobayes (un inoculé sous la peau et deux *in* péritoine) meurent de maladie intercurrente 15 jours après le début de l'expérience, sans qu'il soit possible de déceler, en quelque partie de leur organisme, de bacilles acido-résistants.

Le quatrième cobaye succombe, en très mauvais état, 75 jours après l'inoculation d'épreuve. Cet animal n'a jamais présenté, non plus que les trois autres sujets, d'induration locale, ni de chancre d'inoculation. L'autopsie révèle des lésions caséeuses du ganglion précrural droit, qui atteint le volume d'un gros pois, et une hypertrophie assez notable du ganglion lombo-iliaque droit, de la grosseur d'une lentille. Les ganglions précrural gauche et lombo-iliaque gauche paraissent absolument normaux du point de vue macroscopique.

Les capsules surrénales sont congestionnées et augmentées de volume. Les ganglions mésentériques et rénaux, le foie, la rate, les reins ne montrent aucune lésion. Le poumon présente un piqueté hémorragique peu intense et les ganglions trachéo-bronchiques sont très légèrement hypertrophiés.

La recherche du bacille de Koch est positive en ce qui concerne les ganglions précrural gauche, lombo-iliaque gauche et trachéo-bronchique, négative sur les frottis de foie, de rate, de rein, de surrénales et des autres groupes ganglionnaires, ganglions précrural droit et lombo-iliaque droit en particulier.

B. *Chien A... atteint d'ascite.* — Les observations et les expériences réalisées avec le liquide d'ascite confirment totalement les essais précédents. A noter, chez les cobayes inoculés, une seule différence importante : la non-caséification des ganglions au niveau du point d'inoculation du filtrat.

En résumé, ces recherches nous permettent d'affirmer la présence des formes filtrables du virus tuberculeux dans la tuberculose canine. Ce virus filtrable, après inoculation au cobaye, donne à nouveau des formes acido-résistantes qui permettent, en quelque sorte, de fermer le cycle des transformations du bacille tuberculeux.

PATHOLOGIE. — *Recherches sur l'anthracose pulmonaire.*
Note de M. **André Jousset**, présentée par M. Pierre Bazy.

Les recherches suivantes démontrent que, si l'on en excepte le cas particulier des mineurs, l'anthracose pulmonaire classique est une pure fiction, que l'encrassement progressif de l'appareil respiratoire, si marqué chez le vieillard et qu'on a toujours attribué, à la suite d'analyses insuffisantes, aux poussières et à la fumée des villes n'existe pas. D'après nos analyses, la notion d'anthracose doit faire place à celle de sidérose.

Nos recherches ont porté sur des fragments pulmonaires, les uns noirs, les autres incolores (prélevés sur le même poumon) provenant de sujets morts de vieillesse. Désséchés et pulvérisés, ces échantillons révèlent constamment aux analyses des proportions très inégales de fer, et avec des différences d'un ordre de grandeur tel que l'on ne saurait les imputer à une erreur de technique. On peut trouver par exemple :

Fer pour 100g *de substance sèche.*

Parties mélaniques	0mg,700
Parties incolores servant de témoin	0mg,068

La constance de ces résultats est presque démonstrative de la nature ferrugineuse de la mélanose pulmonaire des vieillards.

Mais l'homologie se poursuit quand on procède à l'analyse, non plus du tissu pulmonaire lui-même mais des éléments cellulaires auxquels les poumons encrassés de noir doivent leur bigarrure caractéristique.

En effet, à la phase initiale de cette infiltration, le pigment est toujours inclus dans de grandes cellules alvéolaires qualifiées du nom de cellules à poussières, et considérées jusqu'ici comme un réceptacle des impuretés atmosphériques, en vertu d'une conception erronée de la pneumoconiose charbonneuse et de la résistance du pigment aux réactifs histo-chimiques.

Or, ayant procédé comparativement à des analyses de crachats mucopurulents, incolores, cendrés ou mélaniques, c'est-à-dire de plus en plus riches en cellules pigmentaires, crachats recueillis simultanément dans un même service hospitalier parisien, chez des non tuberculeux, nous avons constaté que leur teneur en fer croissait en raison de la valeur de la teinte noire :

Fer pour 100g *de crachats desséchés.*

Crachats blancs ou jaunâtres	10 à 15mg
Crachats gris cendré	20 à 50
Crachats presque noirs	jusqu'à 110

La cellule dite *à poussières* doit donc être considérée non comme un phagocyte protecteur mais comme une véritable scorie ferrugineuse. Nous proposons pour elle le nom plus logique de *cellule martiale*.

Les notions qui précèdent éclairent le mécanisme, demeuré jusqu'ici bien obscur, des relations de l'anthracose et de la tuberculose.

En procédant à des analyses de même ordre, sur des poumons de cobayes tuberculeux et non tuberculeux, les uns riches, les autres pauvres en cel-

lules à poussières, nous avons trouvé des proportions de fer singulièrement plus élevées dans les premiers que dans les seconds :

Poumons de cobayes (bien expurgés de sang).

Fer pour 100^g de substance sèche	(C. sains)	160 à 200^{mg}
»	(C. tuberc.)	240 à 290^{mg}

Il semble donc ici que la tuberculose, probablement par la congestion qui l'accompagne, soit génératrice de pigment et qu'il faille dorénavant parler non d'anthracose tuberculigène mais de tuberculose pigmentaire.

La séance est levée à 16^{h}15^m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 5 septembre 1927.)

Note de MM. *F. Gonseth* et *G. Juvet*, Les équations de l'électromagnétisme et l'équation de M. Schrödinger dans l'univers à cinq dimensions :

Page 536, 9e ligne, *lire* élevé, *au lieu de* étudié; 15e ligne, *lire* du champ, *au lieu de* de champ; page 537, intervertir les lignes 14 et 15 avec les lignes 16 et 17; page 538, 2e ligne, *lire* $\alpha = \beta = 4$, *au lieu de* $\alpha = \rho = \psi$.

Dans toute la Note, remplacer Ψ par ψ, et x (sans indice) par x.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 17 OCTOBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Premières observations sur la composition minéralogique et chimique des laves mésozoïques et tertiaires de la Chine orientale.* Note [1] de M. **A. Lacroix**.

M. W. H. Wong, directeur du Service géologique chinois, vient de faire un exposé [2] de ce qui est connu sur les relations existant entre les mouvements orogéniques et la mise en place des magmas éruptifs dans la Chine orientale.

Le grand mouvement orogénique datant du Jurassique supérieur (*Yen-Shan movement*) a été précédé par la mise en place de nombreuses intrusions granitiques (notamment celles des montagnes situées à l'Ouest de Péking); il a été accompagné et suivi par la production d'énormes épanchements de laves rhyolitiques et andésitiques.

La seconde période de dislocation date du milieu du Tertiaire; elle aussi a été accompagnée et suivie par une très grande activité volcanique, mais celle-ci a été de caractère basaltique. Une formidable quantité de laves a entièrement couvert la Mongolie centrale et la Mandchourie, entre le 111°30′ et le 121°30′ de Long. E., entre le 40° et le 41° de Lat. N. Elle a été ensuite morcelée par l'érosion.

Une autre région qui a été aussi couverte de laves basiques est la partie de la Mandchourie comprise entre la ligne de chemin de fer Mukden-Harbin et la vallée inférieure du Sungari, entre les latitudes 40° et 48° N. Je ne m'occuperai pas ici des nombreux épanchements de la Chine centrale qu'il faut cependant indiquer.

---

(1) Séance du 3 août 1927.

(2) W. H. Wong, *Crustal movements and igneous activities in Eastern China since mesozoic time* (*Bull. Geol. Soc. of China*, 6, 1927, p. 9).

Ces basaltes sont certainement d'âge varié; c'est ainsi, par exemple, qu'il en est de nettement oligocènes, comme ceux de la bordure du Plateau de Gobi, au N. de Kalgan; d'autres, comme ceux situés au N.-W. du Dalai noor, sont postpliocènes. Enfin, dans cette dernière région, mais à l'ouest du noor, le P. Teilhard de Chardin a signalé (¹), sur $60^{km} \times 25^{km}$, de nombreux puys basaltiques, ressemblant à ceux de la chaîne des Puys, en Auvergne, avec des cheires d'une fraîcheur parfaite, et qui sont certainement quaternaires.

Si les grands traits de l'histoire géologique de ces éruptions sont maintenant esquissés, il n'en est pas de même de l'étude minéralogique et surtout chimique de leurs produits; cette dernière a été à peine effleurée. C'est cette question que je me propose d'aborder dans cette Note préliminaire.

Au cours d'un récent voyage en Chine, accompagné par MM. Wong, Teilhard et Barbour, je suis allé de Péking, par Kalgan, au bord du désert de Gobi, traversant, en particulier, la formation volcanique mésozoïque intercalée dans un puissant complexe de grès et de conglomérats d'un gris rougeâtre ou d'un rouge vif (²), recouvert localement, au N.-W. de Kalgan, par le loess, puis j'ai gravi les pentes du plateau basaltique de Mongolie jusqu'à la porte Shen-wei-t'ai, ouverte dans la muraille extérieure sur le désert. Aux roches recueillies sur ce trajet se sont jointes celles que le P. Teilhard de Chardin a collectionnées sur la route de Kalgan au Dalai noor, par la passe de Hano-pa, puis, dans la région du Dalai noor, et enfin le long d'un itinéraire vers l'Est passant par Linn si, Hata et aboutissant au golfe de Petchili, à quelque quatre cents kilomètres au N.-E. de Péking. Enfin, M. Barbour m'a remis plusieurs échantillons provenant du S. et de l'E. de Kalgan, dans des régions que je n'ai pu visiter et dont il a fait une étude détaillée.

Les laves observées sont des *rhyolites*, des *dacitoïdes*, des *andésites* et des roches à facies basaltique (*basaltes*, *basanitoïdes* et *limburgites*).

Les *rhyolites* sont simples de composition minéralogique (phénocristaux de quartz, d'orthose, avec parfois un plagioclase acide et un minéral altéré qui semble avoir été de la fayalite); le verre souvent très abondant renferme fréquemment des sphérolites feldspathiques à allongement négatif; plus souvent encore, il est imprégné de quartz pœcilitique), mais leur structure est fort variée; il existe des types lithoïdes rubanés, blancs ou rosés, notamment dans la région de Kalgan (nord de Wanchuan, Nantien-men); elles sont parfois riches en lithophyses globuleuses. Fréquentes sont les pyromé-

(¹) P. Teilhard de Chardin, *Études géologiques sur la région du Dalai noor* (*Mém. Soc. géol. France*, 3, fasc. 3, Mém. nº 7, 1926, p. 1-56). Cf. aussi *Bull. volcanologique*, nºˢ 3-4, 1925, p. 100-108.

(²) George-B. Barbour, *Preliminary Observations in the Kalgan Area* (*Bull. Geol. Soc. China*, 3, 1924, p. 153-168).

rides à gros sphérolites blancs ou violacés dont les fibres feldspathiques ont une structure palmée et un allongement positif [Tchifang; nord nord-est de Linn si; Liou Ho Tchoang (sud du Sira-Mouren)]. Ces sphérolites sont fréquemment associés à des pechsteins, généralement noirs (région de Kalgan); dans la vallée du Sjiling gol, une coulée formée en partie par une brèche ignée de pechstein présente un remarquable délit prismatique. Ces rhyolites sont parfois altérées en *pagodite*, utilisée par les sculpteurs chinois.

Là où le magma rhyolitique constitue des intrusions, il s'est consolidé sous la forme de *microgranite* (P'o-t'u, au sud est de Kalgan; nord de Liou Ho Tchoang, près du désert de Gobi); au nord de Tchifang, le microgranite est creusé de cavités globulaires, sortes de lithophyses, tapissées de cristaux de quartz allongés suivant *c* et de fluorine violette, minéral que le P. Teilhard a observé dans plusieurs autres gisements.

Les rhyolites sont en général plus potassiques que sodiques, à l'exception de celles de Nantien-men, où la soude prédomine; elles établissent alors le passage aux dacitoïdes.

Les *dacitoïdes* ont un grand développement au nord et à l'est de Kalgan. Ce sont des roches d'un gris verdâtre, souvent très vitreuses; de petits phénocristaux d'andésine, d'augite et de magnétite sont distribués dans un verre brunâtre ou incolore en lames minces; il est riche en microlites rectangulaires de plagioclase (12 à 20 pour 100 d'An.), accompagnés par des microlites ou des cristallites d'augite. Dans les falaises voisines de la porte nord de Kalgan, se voient localement des nodules à surface botroydes que l'on pourrait prendre, au premier abord, pour des sphérolites du genre de ceux des pyromérides, mais leur structure ne diffère en rien de celle du reste de la roche. Ce sont vraisemblablement des solides définis par d'anciennes cassures perlitiques.

Je ne connais pas d'autre exemple de cette particularité texturale.

Je dois à M. Barbour un échantillon d'une dacitoïde semblable à celle de Kalgan qu'il a recueilli à l'est de cette ville dans un filon traversant les rhyolites précédentes à Tu-la-miao.

Les *andésites* que j'ai étudiées proviennent toutes des environs de Tch'ao-yang; les unes, recueillies par le P. Teilhard à Song-Chou-Tchoeize (Fengtien), ont un plagioclase moyen, qui oscille entre 13 et 26 pour 100 d'An.; elles sont aphyriques ou porphyriques (phénocristaux d'andésine, de biotite et de hornblende).

L'andésite de Ma-Mai-Choei est andésitique (plagioclase moyen à

31 pour 100 d'An.) et aphyrique; elle ne renferme qu'un peu d'augite comme minéral coloré. Enfin, un dernier type formant un filon au nord de Linn-si est noir et caractérisé par l'abondance de petites paillettes de biotite; le plagioclase moyen renferme 25 pour 100 d'An. Toutes ces andésites contiennent un excès de silice qui peut atteindre 11 pour 100.

Les laves qui viennent d'être décrites sont très pauvres en minéraux colorés. Il me reste à m'occuper des laves mésocrates; elles occupent de beaucoup les plus vastes surfaces.

Les *basaltes* sont plus variés comme structure que comme composition. Leur feldspath moyen oscille entre 45 et 51 pour 100 d'An. Ces basaltes sont donc à la limite des séries andésitique et labradorique. Je signalerai en particulier des types porphyriques à olivine et augite dans le désert de Gobi (nord-ouest du Dalai noor; Bain-Chara-Oula, au nord des dunes se trouvant elles-mêmes au nord de Kalgan); puis des types doléritiques, très développés sur le bord du plateau de Gobi, au voisinage de la passe d'Hano-pa; ils prennent un aspect presque gabbroïque dans des sills intrusifs au milieu de basaltes à grain fin. Tous ces basaltes appartiennent à des types β.

A la porte Shen-wei-t'ai et entre celle-ci et Shan-Yang-pu, j'ai recueilli des *basanitoïdes* riches en olivine, pauvres en plagioclase qui constitue de grandes plages englobant pœcilitiquement des microlites d'augite, alors qu'ailleurs le fond de la roche est formé par de l'analcime. Ces laves renferment en très grande quantité des nodules à olivine et autres enclaves homœogènes en voie de résorption.

Enfin la grande coulée démantelée de Kouo-tch'eng-chan, au sud-ouest de Linn si et les puys se dressant à l'ouest du Dalai noor sont constitués par une *limburgite* de même composition chimique que les basanitoïdes, mais dans laquelle ne sont exprimés ni feldspath ni néphéline.

En résumé les laves de la Chine septentrionale et orientale qui viennent d'être passées en revue constituent une série continue de différenciation d'un magma calco-alcalin. Je donne ci-dessous un tableau des paramètres magmatiques écrits, sous une forme schématique, des types lithologiques observés.

Rhyolites	I.3.4.1-2.3. I.3.4.2.4.
Dacitoïdes	I.3.4.2.3-4
Andésites α	I.II.5.2-3.4.
Basaltes β	III.5.3.4.
Basanitoïdes (*limburgites*)	III.6.2-3.4

On voit que les termes les plus acides sont plus potassiques que sodiques, tandis que l'inverse a lieu dans les autres types. Toutes les roches qui ne sont pas basaltiques sont très pauvres en minéraux colorés; elles renferment toutes de la silice libre dont la teneur va en décroissant de haut en bas du tableau.

Enfin, les termes les plus basiques de la série (basanitoïdes) présentent à la fois une augmentation de la teneur en alcalis et une diminution de la teneur en silice par rapport aux basaltes (β). De même que dans la province lithologique de l'Afrique du Nord, que j'ai étudiée récemment, on voit ici une série incontestablement calco-alcaline aboutir à des roches basiques à néphéline et, comme en Algérie encore, ce terme ultime de la différenciation est celui par l'épanchement de quoi s'est terminée l'activité volcanique (¹).

HYDRODYNAMIQUE. NAVIGATION. — *Sur la résistance horizontale de l'eau à la translation des carènes.* Note de M. **F.-E. Fournier.**

Cette Note, définitive, résume exactement les résultats que l'on trouvera exposés plus en détail, en quelques points, dans une publication prochaine sur le même sujet; le mode de variations de la *résistance horizontale* de l'eau à la translation, en route libre, de chacune des carènes de formes usuelles, envisagées dans cette étude, ces variations dépendant des *changements d'assiette* que subit cette carène, sous l'action réflexe qu'y exerce, à son contact, la *houle satellite* entretenue par la translation du navire, en mer plate et par calme.

1. J'ai borné mes recherches expérimentales sur cet important sujet aux carènes de formes usuelles, ne revêtant, en principe, aucune portion cylindrique, ayant chacune son maître couple sensiblement au milieu de la longueur L de son plan de flottaison, et une étrave, droite, en grande partie perpendiculaire à ce plan. Soit enfin Σ la *surface mouillée* d'une de ces carènes, au *repos* et en *pleine charge*, lorsque son plan de flottaison est horizontal, en mer plate.

2. Ayant pris pour mesures de l'affinement de cette surface Σ : d'une part *l'incidence latérale moyenne, i, des lignes d'eau* bien continues de sa

(¹) Ce terme néphélinique n'est cependant pas localisé dans le Quaternaire (ouest du Dalai noor), puisqu'il constitue aussi les coulées démantelées du bord du plateau de Gobi à la porte Shen-wei-t'ai.

proue convexe, à leur extrémités sur la hauteur de son étrave droite, en rapportant cette incidence (i) à une constante générale de référence $i_0 = 10°,6$; et d'autre part le rapport $\gamma = \frac{B}{lp}$ de la section transversale B de son maître couple, de largeur principale l, sur le plan de flottaison, et de profondeur p, au-dessous, à la surface rectangulaire circonscrite, lp, j'ai été conduit par une analyse, purement expérimentale, à reconnaître que la *résistance horizontale*, R_v, de l'eau à la translation, de vitesse v, de la surface Σ, a pour expression générale

$$(1) \qquad R_v = 1,57 \,.\, \frac{v^2}{g} \,.\, \Sigma \,.\, \psi\left(\frac{v}{w}\right).$$

Dans cette expression, le facteur 1,57 concerne, *notamment*, *le fer neuf fraîchement peint* des carènes; g est l'accélération de la pesanteur; et le facteur $\Psi\left(\frac{v}{w}\right)$ définit l'action réflexe de la *haute satellite* résultant de cette translation.

3. J'ai constaté que le facteur $\Psi\left(\frac{v}{w}\right)$ varie, avec $\frac{v}{w}$, de façons très différentes, selon que le rapport $\left(\frac{i}{i_0}\right)$ satisfait, sur la carène en question, à la relation $\left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$ ou à celle $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$.

Quant à *la vitesse critique* w du navire, on peut en calculer la grandeur au moyen de la formule d'interpolation

$$\frac{w}{\sqrt{L}} = 0,832 \,.\, \gamma^{1,144} \qquad \text{si} \qquad \left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$$

ou

$$\frac{w}{\sqrt{L}} = 0,862 \,.\, \gamma^{0,272} \qquad \text{si} \qquad \left(\frac{i}{i_0} < 1\right).$$

4. Sur chacune des carènes où $\left(\frac{i_0}{i} \geqq 1\right)$, l'expression générale du facteur $\Psi\left(\frac{v}{w}\right)$ est, à *ses vitesses* v *dépassant* w :

$$(2) \qquad \Psi\left(\frac{v}{w}\right) = \left(\frac{v}{w}\right)^{0,606\left[1+\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(\frac{i}{i_0}-1\right)}\right]\left(\gamma\frac{l}{p}\right)^{0,812}}.$$

Tandis que, sur chacune des carènes où $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$, l'expression générale de ce facteur est, à *sa vitesse* v *dépassant* w :

$$(3) \qquad \Psi\left(\frac{v}{w}\right) = 1 + \left[1 - \sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}\right]^{\frac{1}{2}} \left(\sin \pi \frac{w}{v}\right)^{4\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)}};$$

cette expression indiquant à première vue que la carène, dont les formes seraient *aussi favorables que possible* à sa translation, à ces grandes vitesses de w vers ∞, serait celle où (i) aurait été diminué par son tracé, jusqu'à sa *limite optimum*, $i_m = \frac{1}{2} i_0 = 5°,3$.

5. Or il résulte des observations que, sur chacune de ces mêmes carènes, l'entretien de sa houle satellite, *toujours onéreux* on le voit, pour la force motrice, à *ces vitesses v dépassant* sa vitesse critique w, devient au contraire *économique* pour cette force motrice, à *toutes ses vitesses moindres* que w.

6. Cette anomalie apparente peut s'expliquer, à mon sens, par les considérations dynamiques suivantes.

Le nombre des *sommets*, au-dessus du plan de flottaison, du *profil vertical ondulatoire* de la houle satellite, dépasse toujours, d'*une unité*, le nombre correspondant des *creux intermédiaires*, au-dessous de ce plan. Mais, selon que le nombre des sommets est *pair*, ou *impair*, c'est *un creux*, ou *un sommet*, qui se trouve *au milieu* de ce plan, sur le maître couple. Dans le *premier cas*, l'ensemble des sommets et des creux se borne à maintenir l'horizontalité du plan de flottaison : tandis que, dans le *second cas*, la tendance des *sommets* à *soulever horizontalement* la carène prédomine sur la tendance, de sens opposé, des *creux intermédiaires*, dans une mesure dont l'expression est

$$\sin\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{v(w-v)}{v'(w-v')}}, \tag{4}$$

s'annulant d'abord à la vitesse $v=0$ et finalement à la vitesse $v=w$, après avoir atteint dans l'intervalle son *maximum*, *égal à* 1, à la vitesse v', la *plus économique donc du navire*, à laquelle j'ai été conduit à attribuer l'expression

$$\frac{v'}{w} = \frac{1}{2} + \frac{0,2438}{\gamma^{3,614}}\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(\frac{i}{i_0}-1\right)} \quad \text{si} \quad \left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right) \tag{5}$$

ou

$$\frac{v'}{w} = \left(\frac{\gamma}{0,72}\right)^2 \sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)} \quad \text{si} \quad \left(\frac{i}{i_0} < 1\right). \tag{6}$$

7. Ces considérations m'ont conduit, en dernière analyse, aux deux expressions générales inédites suivantes :

$$\left\{\begin{array}{l}\Psi\left(\frac{v}{w}\right) = 1 - 0,04\left(\gamma\frac{l}{p}\right)^{1,326} . \sin\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{v(w-v)}{v'(w-v')}} \quad \text{si} \quad \left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right), \\ \quad v' \text{ s'y déduisant, de } w, \text{ par le rapport } (5),\end{array}\right. \tag{7}$$

et

$$(8)\quad \begin{cases} \Psi\left(\dfrac{\varphi}{\varpi}\right) = 1 - 0{,}6256\sqrt{\dfrac{i}{i_0}\left(1-\dfrac{i}{i_0}\right)}.\sin\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{\varphi(\varpi-\varphi)}{\varphi'(\varpi-\varphi')}} \quad \text{si} \quad \left(\dfrac{i}{i_0}<1\right), \\ \varphi' \text{ s'y déduisant, de } \varpi, \text{ par le rapport (6).} \end{cases}$$

MÉDECINE. — *L'échauffement des tissus par les courants de haute fréquence.* Note de M. D'ARSONVAL.

Dans une précédente Communication [1] j'ai montré que pour la d'Arsonvalisation *directe* (Diathermie), l'ampèremètre thermique intercalé dans le circuit d'utilisation ne suffit pas à renseigner sur le degré d'échauffement des tissus.

Ce désaccord tient à ce que les électrodes et le liquide ou les tissus interposés constituent non seulement une *résistance*, mais aussi une *capacité*, comme je l'ai signalé. En est-il de même dans les deux cas d'application *indirecte* que j'ai également introduits en thérapeutique : par *condensation* (chaise longue) et par *induction* (solénoïde ou cage)?

Dans l'électrisation par *condensation* le sujet est étendu sur un lit ou une chaise longue. Il est en rapport avec un des pôles de la source de haute fréquence par des électrodes métalliques tenues par les mains ou appliquées en divers points du corps, directement sur la peau. Le second pôle est relié à une plaque métallique de la dimension de la chaise longue sur laquelle est couché le sujet, mais dont il est séparé par un isolant mince.

Dans ces conditions, patient et plaque métallique constituent les deux armatures d'un grand condensateur. Le sujet est traversé par un courant de charge et de décharge (dont l'intensité peut atteindre plusieurs ampères) qui provoque pour toute sensation une élévation générale de la température du corps fort agréable.

Dans ce deuxième mode d'électrisation les indications de l'ampèremètre sont-elles encore infidèles? le malade n'étant en rapport qu'avec un seul pôle.

Pour m'en assurer j'ai procédé comme dans le premier cas.

Le sujet est remplacé par une solution de chlorure de sodium de résistance variable, enfermée dans une bouteille cylindrique en verre mince dans laquelle plonge une tige métallique centrale en rapport avec un des

---

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 324.

pôles de haute fréquence. Le second pôle est relié à une feuille d'étain enveloppant l'extérieur de la bouteille.

On fait passer le courant et on mesure l'élévation de température du liquide contenu dans la bouteille comme dans le premier cas.

Voici les résultats obtenus avec une bouteille de 250^{cm^3} de capacité.

Température initiale 20°; courant de 1 ampère passant pendant deux minutes dans chaque expérience; les échauffements correspondant aux différentes dilutions et leurs résistances sont les suivants :

ohms	°
300	5
400	7
700	10
1000	12
1300	14
4000	8
12000	3
40000	1

Pour faire la part de l'échauffement dû au diélectrique verre de la bouteille, je remplace la solution saline par du mercure.

Avec ce même courant de 1 ampère passant pendant 2 minutes, l'échauffement du mercure est à peine de $\frac{1}{10}$ de degré, par conséquent négligeable dans les conditions de l'expérience.

La longueur d'onde a varié de 100 à 150^{m}.

Conclusion. — L'échauffement du liquide dans ce deuxième cas n'est donc pas non plus en rapport avec les indications de l'ampèremètre.

Dans un autre dispositif, j'emploie un flacon plat dont les faces parallèles sont revêtues extérieurement de deux feuilles d'étain ne se touchant pas et en rapport avec les deux pôles de haute fréquence. Le liquide enfermé dans le flacon est sans contact avec les pôles et peut être de nature quelconque. J'ai mesuré de cette façon l'échauffement de liquides variés (électrolytes ou isolants plus ou moins parfaits). Ces dernières mesures n'intéressant pas les médecins, je n'en parlerai pas dans cette Note.

Quant au troisième procédé décrit dans ma Note à l'Académie du 3 juillet 1893, il consiste à placer le sujet au centre d'un solénoïde parcouru par le courant de H. F. L'induction produite dans le corps est suffisante pour qu'en arrondissant les bras et complétant le circuit par une lampe à incandescence tenue entre les mains cette lampe s'allume.

Dans ce cas le sujet n'a aucun rapport avec la source électrique. Chaque tissu, chaque cellule est le siège de courants induits s'accompagnant de

modifications physiologiques dont je n'ai pas à parler ici. J'ai montré devant la Commission de l'Académie en 1893, et en avril 1897 à la Société des Électriciens, qu'on pouvait facilement par ce procédé porter rapidement à l'ébullition de grandes masses de mercure, fondre de l'étain, etc.

Ces expériences qui remontent déjà à 35 ans ont été le point de départ, comme le rappelait notre Confrère M. Breton, des fours d'induction à haute fréquence récemment introduits dans l'industrie.

Dans ce cas l'échauffement observé est proportionnel au produit de la fréquence par le carré du courant comme je le signalais dans ma Note de 1893.

On peut voir par ces quelques exemples (et d'autres) que des dispositifs réalisés pour des fins médicales peuvent être de quelque utilité en physique et en industrie.

Remarque. — Notre confrère M. Fabry a soumis au calcul le problème que j'ai étudié expérimentalement [1].

Nous sommes en complet accord pour le cas envisagé d'électrolytes ne contenant pas de corps figurés en suspension. L'échauffement par le courant de capacité est alors négligeable, surtout aux intensités ne dépassant pas un ampère.

En cas contraire, et avec des intensités pouvant atteindre 15 et 20 ampères, il en est autrement semble-t-il. En tout cas, le double courant de conduction et de capacité traversant l'ampèremètre est bien la cause du désaccord dangereux que je signalais.

Aux médecins que pourraient effaroucher les équations, pourtant si simples de M. Fabry, je conseille la lecture du livre de notre Confrère Georges Claude : *l'Électricité à la portée de tout le monde*, au chapitre intitulé : Force électromotrice alternative sur self-induction et capacité.

ALGÈBRE. — *Sur la résolution numérique des systèmes d'équations algébriques entières à un nombre quelconque d'inconnues.* Note [2] de M. **Ch. Riquier.**

I. Considérons un système d'équations aux dérivées partielles n'impliquant qu'une fonction inconnue, et présentant, par rapport à celle-ci et à

[1] *Comptes rendus,* 185, 1927, p. 684.

[2] Séance du 10 octobre 1927.

ses dérivées, la forme linéaire et homogène à coefficients constants. Exclusion étant faite de la solution banale où l'inconnue, u, est identiquement nulle :

1° Nous dirons que le système est *possible* ou *impossible*, suivant qu'il admet ou non quelque autre solution;

2° Nous nommerons *intégration restreinte* du système la recherche des solutions de la forme

$$u = \upsilon e^{rX+sY+\dots},$$

où X, Y, ... désignent les variables indépendantes, en nombre quelconque n, et υ, r, s, ... des constantes, en nombre $n+1$, dont la première, υ, est expressément assujettie à n'être pas nulle; les solutions de cette forme seront elles-mêmes qualifiées d'*immédiates*. Dans une solution immédiate, la constante (non nulle) υ est évidemment arbitraire.

Cela posé :

a. *On peut*, à l'aide d'un calcul limité, *reconnaître si un système donné* (de la forme spécifiée plus haut) *est possible ou impossible, et, dans le cas de possibilité, si son intégrale générale dépend d'un nombre limité ou illimité de constantes arbitraires.*

b. Dans le cas où le système est possible et où son intégrale générale dépend d'un nombre limité, g, de constantes arbitraires, *son intégration restreinte peut s'effectuer par la résolution d'un système de n équations algébriques entières de degré g, aux n inconnues r, s, ... de la forme*

$$F_1(r) = 0, \qquad F_2(s) = 0, \qquad \dots.$$

II. A un système algébrique quelconque où se trouvent engagées les n inconnues $x, y, \dots,$

$$(1)\quad \begin{cases} M_1 x^{\alpha_1} y^{\beta_1} \dots + \dots + P_1 = 0, \\ M_2 x^{\alpha_2} y^{\beta_2} \dots + \dots + P_2 = 0, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ (M_1, \dots, P_1, M_2, \dots, P_2, \dots, \text{coefficients constants}), \end{cases}$$

faisons correspondre le système différentiel partiel

$$(2)\quad \begin{cases} M_1 \dfrac{\partial^{\alpha_1+\beta_1+\dots} u}{\partial X^{\alpha_1} \partial Y^{\beta_1} \dots} + \dots + P_1 u = 0, \\ M_2 \dfrac{\partial^{\alpha_2+\beta_2+\dots} u}{\partial X^{\alpha_2} \partial Y^{\beta_2} \dots} + \dots + P_2 u = 0, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots, \end{cases}$$

impliquant la fonction inconnue u des n variables indépendantes X, Y, ...

Pour que le système algébrique (1) admette la solution numérique

$$x, y, \ldots = x', y', \ldots,$$

il faut et il suffit que le système différentiel partiel (2) admette la solution immédiate (I, 2°)

$$u = \nu e^{x'X + y'Y + \ldots}.$$

Et ainsi, *la recherche des solutions numériques du système* (1) *se ramène à l'intégration restreinte du système* (2), *et réciproquement.*

Cela posé :

Cas fondamental. — *Si le système* (2) *est possible et que son intégrale générale dépende d'un nombre limité, g, de constantes arbitraires, la résolution numérique du système* (1) *se trouve ramenée* au cas signalé plus haut (I, b) de l'intégration restreinte, et, par suite, *à la résolution numérique d'un système de n équations de degré g, impliquant respectivement n inconnues différentes.*

III. Outre la connaissance du cas fondamental (II), le problème de la résolution numérique des systèmes algébriques, envisagé dans toute sa généralité, nécessite celle d'une question qui ne se trouve suffisamment éclaircie que dans des travaux encore presque ignorés : il s'agit de la recherche des *conditions nécessaires et suffisantes pour que* N *équations algébriques à l'inconnue x admettent quelque racine commune.*

Le cas de $N = 2$, traité par Euler, est classique. Si $N > 2$, *le cas de* N *équations se ramène à celui de* $N - 1$ *équations :* on peut dès lors, quel que soit N, effectuer, par voie de récurrence, l'élimination de x.

IV. Toutes ces notions une fois posées, on établit que *la recherche des solutions numériques d'un système quelconque d'équations algébriques entières à un nombre quelconque, n, d'inconnues, se ramène à la considération exclusive du cas fondamental* (II).

A cet effet, on vérifie tout d'abord l'exactitude de la proposition pour $n = 1$; on montre ensuite que, si elle est vraie pour $n - 1$ inconnues, elle l'est nécessairement encore pour n inconnues.

M. **E. Fournier** fait hommage à l'Académie d'un *Projet de règles internationales urgentes pour empêcher tout risque d'abordages en brume, entre des escadres ou des convois, ou entre des bâtiments à moteurs naviguant isolément.*

M. **L. Joubin** présente le premier fascicule d'une Faune de la Méditerranée dont la publication lui a été confiée par la *Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée*. Cette publication est caractérisée par sa forme inédite de fiches illustrées; chaque espèce a sa fiche contenant les figures types, la diagnose, la distribution en étendue et en profondeur, la synonymie et la bibliographie. Ce mode d'édition permet l'addition constante des espèces récemment découvertes, et rendra de grands services aux naturalistes.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E. Brumpt. *Précis de Parasitologie*. Quatrième édition. (Présenté par M. F. Mesnil.)

2° George-Edgar Bonnet. *Les expériences monétaires contemporaines*.

3° Septime Gorceix. *Une grande œuvre française au Brésil* (Extrait de la *Revue de l'Amérique latine*).

4° P. Grandadam. *Petit manuel illustré de la mise en valeur de nos colonies*.

5° Sabba Stefanescu. Université de Bucarest. Travaux du Laboratoire de paléontologie. 30 *notes sur l'organisation des molaires et sur la phylogénie des éléphants et des mastodontes*.

6° Charles Marie. *Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie*. (Volume XI, 1923-1924. Première partie.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences à surface moyenne plane.* Note (1) de M. **P. Vincensini**.

J'ai montré dans ma Thèse (2) comment la considération des surfaces réglées d'une congruence rectiligne, admettant pour images sphériques une famille

(1) Séance du 26 septembre 1927.

(2) *Sur trois types de congruences rectilignes* [*Annales de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 3e série, **19**, 1927, § 13 (sous presse)].

de cercles coaxiaux, permet de passer des congruences à enveloppée moyenne point (congruences d'Appell généralisées) aux congruences à foyers associés équidistants d'une droite fixe, puis aux congruences à surface moyenne plane.

La même considération m'a conduit à la présente Note qui se rapporte au passage des congruences de normales aux congruences à surface moyenne plane.

G. Guichard a indiqué [1] une construction réalisant ce passage de façon élégante *par l'intermédiaire des surfaces orthogonales* aux rayons des premières congruences.

La condition que je vais indiquer utilise *directement* les congruences de normales elles-mêmes. En outre elle est peut être susceptible d'attirer l'attention sur une forme très simple, n'utilisant que des quantités invariantes, sous laquelle, dans ma Thèse, j'ai mis les équations d'une congruence à surface moyenne plane.

Donnons-nous une surface quelconque par son plan tangent :

$$X\xi + Y\eta + Z\zeta = \Phi;$$

X, Y, Z, cosinus directeurs de la normale au plan, sont des fonctions connues de deux paramètres u et v; Φ, distance de l'origine au plan tangent, est également une fonction connue de u et v.

Les coordonnées du point de contact sont données par les formules de Weingarten

$$(1) \qquad \xi = \Delta(\Phi, X) + \Phi X, \qquad \eta = \Delta(\Phi, Y) + \Phi Y, \qquad \zeta = \Delta(\Phi, Z) + \Phi Z,$$

où le symbole Δ désigne le paramètre différentiel mixte, du premier ordre, de Beltrami relatif au ds^2 de la représentation sphérique de la surface.

Si Φ est quelconque, les formules (1) définissent la congruence de normales la plus générale.

J'ai montré dans ma Thèse qu'au moyen du paramètre ci-dessus, la congruence à surface moyenne plane la plus générale peut se représenter par les équations

$$(2) \qquad x = Z\Delta(\Phi, Y), \qquad y = -Z\Delta(\Phi, X).$$

Le plan moyen est le plan xOy; Φ est une fonction arbitraire des deux

---

[1] *Sur les congruences dont la surface moyenne est un plan* (*Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 729).

variables u, v, qui fixent un rayon quelconque de la congruence; X, Y, Z sont les cosinus directeurs du rayon (u, v) issu du point (x, y) du plan moyen.

Cela étant, envisageons le pied M de la perpendiculaire abaissée de l'origine O, sur un rayon quelconque D, d'une congruence de normales définie par les formules (1); ses coordonnées sont

$$\xi_1 = \Delta(\Phi, X), \qquad \eta_1 = \Delta(\Phi, Y), \qquad \zeta_1 = \Delta(\Phi, Z).$$

La projection μ du point M sur le plan xOy a pour coordonnées

$$\xi_1 = \Delta(\Phi, X), \qquad \eta_1 = \Delta(\Phi, Y).$$

Faisons tourner cette projection de 90° autour de l'origine dans le plan xOy, et soumettons-la ensuite à une homothétie de centre O et de rapport $Z = \sin\theta$, θ étant l'angle de D avec le plan xOy, nous obtenons le point m de coordonnées

$$(3) \qquad x' = Z\,\Delta(\Phi, Y), \qquad y' = -Z\,\Delta(\Phi, X).$$

Les formules (3) sont identiques aux formules (2). Si donc on mène par chaque point m la parallèle au rayon D correspondant de la congruence de normales de départ, on obtient une congruence à surface moyenne plane. En résumé :

Si l'on projette les pieds des perpendiculaires abaissées d'un point fixe quelconque O *de l'espace sur les différents rayons d'une congruence de normales, sur un plan fixe quelconque* P *passant par* O; *si l'on soumet chaque projection à une rotation de* 90°, *dans le plan* P, *autour de* O, *suivie d'une homothétie de centre* O *et de rapport égal au sinus de l'angle que fait le rayon considéré avec* P, *enfin si l'on mène par le point obtenu une parallèle au rayon considéré, on obtient une congruence à surface moyenne plane, le plan moyen étant* P.

On obtient d'ailleurs par ce procédé toutes les congruences à surface moyenne plane.

Notons que, si l'on n'a égard qu'à la forme, la construction actuelle fait correspondre à une congruence de normales déterminée un ensemble à 5 paramètres de congruences à surface moyenne plane, tandis que l'ensemble obtenu avec la construction de Guichard est à 3 paramètres seulement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du second ordre de la forme $s = p\mathfrak{I}(x, y, z, q)$ qui sont de la première classe.* Note de M. E. LAINÉ, présentée par M. Goursat.

Ces équations ont été étudiées dans un important Mémoire de M. Gosse[1]. Pour éviter des longueurs, nous prierons le lecteur de se reporter aux notations dudit Mémoire.

Rappelons d'abord que si $\frac{\partial \mathfrak{I}}{\partial x} = 0$, l'équation

$$s = p\mathfrak{I}(x, y, z, q) \tag{1}$$

admet un invariant du premier ordre, hypothèse que nous écarterons.

Pour former en particulier les équations (1) qui satisfont aux conditions de M. Gau relativement au système (Y) de caractéristiques, M. Gosse est conduit à rechercher les fonctions $\mathfrak{I}$ qui satisfont au système

$$\mathfrak{I} = \frac{\partial}{\partial y} b(x, y, z) + q\frac{\partial b}{\partial z} + \mathrm{X}(x)\mathfrak{I}_1(y, z, q),$$

$$\frac{\partial}{\partial z} u(y, z, q) + \mathfrak{I}\frac{\partial u}{\partial q} = uh(x, y, z) + h_1(x, y, z),$$

$$\frac{\partial u}{\partial q}\left(\frac{\partial^2 b}{\partial x\, \partial y} + q\frac{\partial^2 b}{\partial z\, \partial x} + \mathrm{X}'\mathfrak{I}_1\right) = u\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h_1}{\partial x}.$$

Si $\frac{\partial h}{\partial x} = 0$, on a des équations déjà étudiées ; si $\frac{\partial h}{\partial x} \neq 0$, on doit avoir

$$u = q^{a(y, z)}.$$

D'après les calculs de M. Gosse, on a alors nécessairement

$$a(n-1) + 1 = 0,$$

n désignant l'ordre minimum d'invariance pour le système (Y). Cette conclusion est incomplète.

J'ai vérifié en effet qu'on pouvait prendre

$$a = \frac{1}{1-n}, \qquad a = -1 \qquad \text{ou} \qquad a = \frac{1}{2}.$$

---

(1) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, 16, 1924, p. 214-224.

Dans le premier cas on a l'équation

$$(2) \qquad s = pq\left[q^{\frac{1}{n-1}}l(y, z) + l_1(y, z) + \mu(x, z)\right];$$

M. Gosse a montré, par un long et difficile calcul, que cette équation ne pouvait pas être de la première classe : on arrive immédiatement à ce résultat en observant, d'une manière générale, que l'équation

$$s = q^\alpha \varphi_1(x, y, z, p) + q\varphi_2(x, y, z, p) \qquad (\varphi_1 \not\equiv 0)$$

ne peut avoir d'invariant pour le système (X) que si l'on a, m désignant un entier positif, $\alpha = \frac{m-1}{m}$, ce qui élimine l'équation (2).

Même conclusion pour l'hypothèse $a = -1$.

Enfin, en prenant $a = \frac{1}{2}$, j'ai obtenu les formes canoniques

$$(3) \qquad s = p\left[q\left(\frac{1}{z-x} + \frac{1}{z-y}\right) + \frac{Y\sqrt{q}}{z-y}\right];$$

$$(4) \qquad s = p\left[q\left(\frac{1}{z-x} + \frac{1}{z}\right) + \frac{Y\sqrt{q}}{z}\right],$$

où Y désigne une fonction arbitraire de la variable y.

Les équations (3) et (4) échappent aux conclusions de M. Gosse. En fait, pour $Y = 1$, l'équation (3) est de la première classe, ainsi que je l'ai établi dans une Note antérieure. Rien ne prouve *a priori* qu'il n'en puisse être de même pour d'autres formes de la fonction arbitraire Y.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégrale* (A) *de M. Denjoy.*

Note de M. **Stefan Kempisty**, transmise par M. Émile Borel.

1. M. Denjoy, en se servant de *maximum* M et de *minimum m d'épaisseur* relativement au couple (α, β), $\alpha + \beta < 1$, a défini l'intégrale (A) d'une fonction $f(x)$ dans l'intervalle (a, b) comme limite commune et indépendante de α et β des sommes $\sum M_i(x_i - x_{i-1})$ et $\sum m_i(x_i - x_{i-1})$, la plus grande des différences $x_i - x_{i-1}$ tendant vers zéro [1].

Or on peut établir que, pour $\alpha = \beta = \lambda < \frac{1}{2}$, les nombres M et m sont

[1] *Sur l'intégration riemannienne* (*Comptes rendus*, 169, 1919, p. 219-220).

respectivement égaux aux *bornes à densité* λ *près* dont je me suis servi pour former les intégrales extrêmes asymptotiques ([1]).

Comme dans un intervalle fixe on a, pour $0 < \lambda < 1$,

$$M(\lambda) = m(1-\lambda),$$

il est évident que l'*intégrale asymptotique est équivalente à l'intégrale* (A) *de M. Denjoy*.

2. En s'appuyant sur cette équivalence, nous allons montrer que l'*extension de l'intégrale* (A) *est la même que celle de l'intégrale lebesgienne* ([2]).

Comme toute fonction sommable est intégrable au sens (A) ([3]), il suffit d'établir la réciproque.

Soit $f_{N'}^{N}$ la fonction f bornée aux nombres N et N′ ($N > N'$). On a évidemment

$$\int_a^b f_{N'}^{N}\,dx < \sum M_{N'}(x_{i-1}, x_i, \lambda)(x_i - x_{i-1}) + \lambda N(b-a),$$

$M_{N'}$ étant la borne supérieure à densité λ près bornée inférieurement au nombre N′.

Choisissons une division de (a, b) telle qu'on ait, pour la limite supérieure $S(\lambda)$ de la somme supérieure, l'inégalité

$$\sum M(x_{i-1}, x_i, \lambda)(x_i - x_{i-1}) < S(\lambda) + \varepsilon.$$

Lorsque

$$A < M(x_{i-1}, x_i, \lambda) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$

nous avons, quel que soit N′ inférieur à A,

$$M_{N'}(x_{i-1}, x_i, \lambda) = M(x_{i-1}, x_i, \lambda)$$

et alors

$$\int_a^b f_{N'}^{N}\,dx < S(\lambda) + \varepsilon + \lambda N(b-a).$$

La densité λ tendant vers zéro, nous obtenons à la limite

$$\int_a^b f_{N'}^{N}\,dx < (A)\overline{\int_a^b} f(x)\,dx + \varepsilon,$$

quel que soit N pour $N' < A$.

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 812-813.

([2]) C'était justement la supposition de M. Denjoy. La fonction non sommable que j'ai citée dans ma Note n'est pas intégrable asymptotiquement, comme il résulte d'une remarque de M. Denjoy.

([3]) A. Denjoy, *loc. cit.*, p. 220.

On établit de la même manière que

$$\int_a^b f_{N'}^{N}\,dx > (A)\underline{\int_a^b} f(x)\,dx - \varepsilon,$$

pour $N > B$ et N' quelconque.

Quand $f(x)$ est intégrable asymptotiquement dans (a, b), on a alors

$$\lim_{\substack{N=\infty \\ N'=-\infty}} \int_a^b f_{N'}^{N}\,dx = (A)\int_a^b f(x)\,dx.$$

Par suite, $f(x)$ est sommable (¹) et son intégrale lebesgienne est égale à l'intégrale asymptotique, donc à l'intégrale (A) de M. Denjoy.

3. Dans ma dernière Note : *Intégration de la dérivée régulière* (²), j'ai montré qu'*une dérivée régulière* (³) *finie* $f(x)$ *de la variation de* $F(x)$ *dans l'ensemble simple* $\mathcal{E}$ (formé d'un nombre fini d'intervalles non empiétants) est intégrable asymptotiquement, son intégrale représentant la variation de la fonction primitive. Il résulte de l'équivalence établie que cette *dérivée est sommable*.

Dans ces raisonnements, on peut d'ailleurs remplacer la variation de F dans un intervalle par une *fonction d'intervalle additive* F(I).

Lorsque F(I) n'est pas additive, son intégrale, au sens de M. Burtall (⁴), existe et est égale à l'intégrale lebesgienne de la dérivée régulière de $F(\mathcal{E})$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la divergence des séries de Fourier de fonctions continues.* Note de M. **Georges Alexits**, transmise par M. Émile Borel.

Nos connaissances concernant les séries de Fourier de fonctions continues divergentes n'apportent aucune contribution au problème très important de la mesure de l'ensemble de divergence. Je veux démontrer qu'il y a des séries de Fourier continues ne convergeant que sur un ensemble de mesure $< 2\pi$. C'est d'autant plus remarquable que la construction très simple de

---

(¹) E.-W. Hobson, *The Theory of Functions*, 1, Cambridge, 1921, p. 523.

(²) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 69. Erratum : *au lieu de* $(x-h, x+h)$, *lire* $(x-h, x+k)$.

(³) C'est-à-dire dérivée sur toutes les familles régulières d'ensembles $\mathcal{E}$.

(⁴) *Functions of Intervals* (*Proc. Lond. Math. Soc.*, 22, II, 1922, p. 279).

M. Fejér [1] fournit d'après notre théorème un exemple d'une série de puissances continue divergente sur un ensemble de mesure positive.

Soient les sommes partielles d'une série de Fourier représentées par

$$s_n(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{\nu=1}^{n} (a_\nu \cos \nu x + b_\nu \sin \nu x),$$

où a_ν et b_ν appartiennent à une fonction continue $f(x)$. Désignons par $I_{2\pi}$ l'intervalle fermé $0 \leq x \leq 2\pi$ et par D l'ensemble des points x, dont les sommes partielles $s_n(x)$ ne convergent pas. Soit encore $D^\star$ l'ensemble sur lequel la limite supérieure $\bar{s}(x) = \overline{\lim}_{n \to \infty} s_n(x)$ prend les valeurs $+\infty$, c'est-à-dire $\bar{s}(x) = +\infty$, lorsque $x \varepsilon D^\star$.

Si l'ensemble $D^\star$ *est dense dans l'intervalle* $I_{2\pi}$, *il s'ensuit pour la mesure de l'ensemble de divergence :*

$$\text{mes}\, D > 0.$$

On a en effet

$$\bar{s}(x) = \lim_{n \to \infty} \lim_{\lambda \to \infty} \varphi_{n,\lambda}(x),$$

la fonction $\varphi_{n,\lambda}$ désignant en tout point $x \varepsilon \mathcal{J}_{2\pi}$ la plus grande valeur des fonctions $s_n(x)$, $s_{n+1}(x)$, ..., $s_{n+\lambda}(x)$. Toutes les fonctions $\varphi_{n,\lambda}$ sont continues et la suite $\varphi_{n,1}$, $\varphi_{n,2}$, ..., $\varphi_{n,\lambda}$, ... est monotonément croissante, la fonction $\lim_{\lambda \to \infty} \varphi_{n,\lambda}$ est donc une fonction de M. Young [2] et, comme la suite $\lim_{\lambda \to \infty} \varphi_{n,\lambda}$, $\lim_{\lambda \to \infty} \varphi_{n+1,\lambda}$, ..., $\lim_{\lambda \to \infty} \varphi_{n+\mu,\lambda}$, ... est monotonément décroissante, $\bar{s}(x)$ est une fonction (lu). L'ensemble $E(\bar{s} < p)$ est donc un ensemble $\mathcal{F}_\sigma$. Le complément $CD^\star$ de l'ensemble $D^\star$, c'est-à-dire la somme

$$CD^\star = E(\bar{s} < 1) + E(\bar{s} < 2) + \ldots + E(\bar{s} < p) + \ldots$$

est par conséquence aussi un $\mathcal{F}_\sigma$, l'ensemble $D^\star$ alors un ensemble G_δ.

Soit maintenant l'ensemble $D^\star$ dense dans l'intervalle $\mathcal{J}_{2\pi}$. $D^\star$ est alors de deuxième catégorie en $\mathcal{J}_{2\pi}$, parce qu'il est un ensemble G_δ dense en $\mathcal{J}_{2\pi}$. L'ensemble de divergence D est donc, à cause de $D^\star \subset D$, d'autant plus de deuxième catégorie en $\mathcal{J}_{2\pi}$. Son complément C, c'est-à-dire l'ensemble de convergence, est alors de première catégorie dans l'intervalle $\mathcal{J}_{2\pi}$, parce

(1) L. Fejér, *Münch. Sitzgsber.*, 1910, p. 1-17.

(2) W. H. Young, *London Proc.*, 2e série, 12, 1913, p. 260-287.

que les ensembles C et D, étant mesurables (B), jouissent de la propriété de Baire (¹).

Soit ξ un point de l'ensemble C, alors, comme $\lim\limits_{n\to\infty} s_n(\xi)$ existe pour tous les points $\xi\varepsilon C$ et $f(\xi)=\lim\limits_{\lambda\to\infty} s_n(\xi)$ est une fonction continue, il faut (²) qu'il y ait à un nombre $\delta > 0$ un voisinage V_ξ du point ξ et un index m, pour lequel l'inégalité suivante est satisfaite

$$|f(y)-s_m(y)| < \delta \qquad (y\,\varepsilon\,V_\xi).$$

Désignons par $B(\delta)$ l'ensemble de tous les points x ayant un tel voisinage V_x. Tous les points $z\,\varepsilon\,V_x$ ont aussi un tel voisinage $V_z \subset V_x$, donc $V_x \subset B_\delta$. L'ensemble $B(\delta)$ contient par conséquence la réunion o des voisinages V_x, formés pour tous les points $x\,\varepsilon\,B(\delta)$. L'ensemble o est ouvert, parce qu'il est, en vertu du théorème de Borel-Lindelöf, la somme d'un nombre dénombrable de voisinages V_x. Mais comme on a évidemment $B(\delta) \subset o$, il résulte que l'ensemble $B(\delta) = o$ est ouvert. On voit donc que l'ensemble de convergence

$$C = B(1)\,B\left(\frac{1}{2}\right)\ldots B\left(\frac{1}{n}\right)\ldots$$

est un ensemble G_δ.

Faisons l'hypothèse que mes $C = 2\pi$, il s'ensuit aisément que C est alors un ensemble dense dans l'intervalle $I_{2\pi}$. C'est par conséquent, comme tous les ensembles G_δ denses en $I_{2\pi}$, un ensemble de deuxième catégorie dans l'intervalle $I_{2\pi}$, ce qui est en contradiction avec notre résultat précédent, d'après lequel C doit être de première catégorie en $I_{2\pi}$. Il faut donc supposer mes $C < 2\pi$, *q. e. d.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions croissantes régulières.* Note de M. N. **Podtiaguine**, transmise par M. Émile Borel.

En complétant ma Note précédente, je veux indiquer ici quelques propriétés fondamentales des fonctions régulières, du second ordre.

1° *Soient $y_1(x)$ et $y_1(x)$ deux fonctions régulières du second ordre dont les ordres de la croissance sont finis. Si l'ordre de la croissance de la fonction $y_2(x)$ par rapport à la fonction $y_1(x)$ est inférieur ou égal à un, la*

(¹) H. Lebesgue, *Journ. de Math.*, 6ᵉ série, 1, 1905, p. 139-216.
(²) S. Kakeya, *Tohoku Math. Journ.*, 3, 1913, p. 137-139.

somme de ces fonctions est une fonction régulière au moins du second ordre et son indice de régularité du second ordre est égal à celui de la fonction $y_1(x)$.

2° *Si* $y_1(x)$ *et* $y_2(x)$ *sont deux fonctions régulières du second ordre et si leurs ordres de la croissance sont finis, le produit de ces fonctions est une fonction régulière au moins du second ordre et son indice de régularité du second ordre* α *est donné par la formule*

$$\alpha_2 = \frac{1 - \beta\gamma}{2 - \beta - \gamma},$$

β *et* γ *étant des indices de régularité du second ordre des fonctions* $y_1(x)$ *et* $y_2(x)$.

3° *Si* $y_1(x), y_2(x), y_3(x), \ldots, y_n(x)$ *sont des fonctions régulières du second ordre et si leurs ordres de la croissance sont finis, la fonction*

$$y(x) = y_1\{y_2\{y_3[\ldots y_n(x_1)]\}\}$$

est une fonction régulière au moins du second ordre et son indice de régularité du second ordre α *est déterminé par la formule*

$$1 - \alpha = (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\ldots(1 - \alpha\ ),$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n$ *étant des indices de régularité du second ordre des fonctions* $y_1(x), y_2(x), y_3(x) \ldots, y_n(x)$.

4° *Si l'ordre de la croissance d'une fonction* $y(x)$ *par rapport à une autre fonction* $y_1(x)$ *est égal à un nombre positif* k *et si les fonctions* $y(x)$ *et* $y_1(x)$ *sont régulières du second ordre et si, enfin, l'indice de régularité du second ordre de* $y(x)$ *est différent de zéro, l'ordre de la croissance de la dérivée* $y'(x)$ *par rapport à la même fonction* $y_1(x)$ *est égal à un nombre fini* k^1 *qui vérifie l'égalité*

$$k^1 = k + \beta - 1, \tag{1}$$

β *étant l'indice de régularité du second ordre de la fonction* $y_1(x)$,

Si, en particulier, l'ordre de la croissance de la fonction $y_1(x)$ sera infini l'ordre de la croissance de la dérivée $y'(x)$ par rapport à $y_1(x)$ sera égal à celui de la fonction $y(x)$ même, car on aura dans ce cas $\beta = 1$. Si $y_1(x) = x_1$ la formule (1) donne $k' = k - 1$.

5° *Toute fonction* $y(x)$ *régulière du second ordre vérifie à partir d'une certaine valeur de* x *aux inégalités*

$$[y(x)]^{\alpha-\varepsilon} < y'(x) < [y(x)]^{\alpha+\varepsilon},$$

quelque petit que soit le nombre positif ε, α *étant l'indice de régularité du second ordre de la fonction* $y(x)$.

6° *Si la fonction* $y(x)$ *est telle que* $\log_p(y)$, p *étant un entier positif, est une fonction régulière du second ordre, il existe toujours une valeur de* x *à partir de laquelle on a constamment*

$$y \log y \log_2 y \ldots (\log_p y)^{\alpha-\varepsilon} < y'(x) < y \log y \log_2 y \ldots (\log_p y)^{\alpha-\varepsilon},$$

quelque petit que soit ε, α *étant l'indice du second ordre de la fonction* $\log_p y(x)$.

7° *Si l'ordre de la croissance d'une fonction* $y(x)$ *est égal à un nombre* K *vérifiant la condition* $K > -1$, *l'intégrale* $\int_{x_0}^{x} y(x)\,dx$, x_0 *étant une valeur quelconque de* x, *est une fonction régulière au moins du second ordre.*

8° *Toute fonction* $y(x)$ *régulière du second ordre vérifie l'égalité*

$$\lim \frac{y\{x + [y(x)]^{1-\alpha-\eta}\}}{y(x)} = 1,$$

quelque petit que soit le nombre positif η, α *étant l'indice de régularité du second ordre de la fonction* $y(x)$.

ASTRONOMIE. — *Schèmes algébriques des dates des phases lunaires et de l'horaire des marées relatives*. Note de M. **Antonio Cabreira**.

Étant donné que le mois synodique et l'intervalle entre deux phases de la Lune sont respectivement $29^j 12^h 44^m 2^s,8$ et $7^j 9^h 11^m 0^s,7 \pm \Delta$, nous aurons pour les phases dans une année quelconque, dont l'épacte astronomique est e, l'expression

$$(1)\quad (7^j 9^h 11^m 0^s,7) \times (\mathcal{L} - 1) + (12^h 44^m 2^s,8) \times n + [29 \times (n-1) + 30 - e]^j \pm \Delta,$$

où $\mathcal{L}$ représente 1, 2, 3 et 4, selon qu'il s'agit de la nouvelle lune, du croissant, de la pleine lune ou du dernier quartier; n le nombre d'ordre de chaque phase, et Δ la différence entre la date de la phase et celle dans laquelle devrait s'effectuer la même phase si l'astre n'avait subi aucune perturbation [1].

[1] Nous avons trouvé $\Delta = \pm 1^j 1^h 38^m 21^s,2$ comme moyenne des 987 phases effectuées pendant les ans 1899 à 1918 et referées au méridien de Lisbonne.

En supposant que le passage de la Lune par le méridien supérieur du lieu s'effectue dans le jour civil de la conjonction aux $12^{\text{h}}+\delta$, que la variation moyenne de l'ascension droite, pendant une heure, est de $2^{\text{m}},1$, ce qui donne $50^{\text{m}}24^{\text{s}}$ pour retard quotidien de l'astre, en imaginant celui-ci à la distance moyenne aux 12 heures de tous les jours civils, et, par conséquent, $15'30'',63$ pour diamètre apparent, en appliquant la valeur moyenne de δ (¹) et en attendant aux intervalles écoulés entre les hautes marées et les basses mers, on obtient le schème suivant de l'horaire moyen des marées régulières dans le susdit lieu :

$$(2)\quad (10\times z+a)^{\circ}\,b'\,\text{long.}\left\{\begin{array}{ll}\textit{Ouest.} & \begin{array}{lr}1^{\text{re}}\text{ H. mar.} & 12^{\text{h}}\\ \text{B. mér.} & 19\\ 2^{\text{e}}\text{ H. mar.} & 1\\ \text{B. mér.} & 7\end{array}\left[\left.\begin{array}{r}57\\9\\22\\34\end{array}\right\}+z\right]^{\text{m}} \\ \\ \textit{Est.} & \begin{array}{lr}1^{\text{re}}\text{ H. mar.} & 12\\ \text{B. mér.} & 19\\ 2^{\text{e}}\text{ H. mar.} & 1\\ \text{B. mér.} & 7\end{array}\left[\left.\begin{array}{r}\{57\ \ 58\\ \{9\ \ 10\\ \{22\ \ 23\\ \{34\ \ 35\end{array}\right\}-z\right]\ \text{quand } z\left\{\begin{array}{c}=\\>\\=\\>\\=\\>\\=\\>\end{array}\right\}0\end{array}\right\}\begin{array}{l}+(50.24^{\text{s}})\times(\hat{a}g-1)\\ \quad+\left[\frac{\nu}{10}\times\left(a+\frac{b}{60}\right)\right]^{\text{s}}+\text{EP},\end{array}$$

où z, a, b, $\hat{a}g$, ν et EP indiquent, respectivement, le nombre des dizaines et des unités des degrés et les minutes de la longitude du lieu, l'âge de la Lune, la variation de la correction, représentée en secondes, relative à l'intervalle qui contient l'heure du passage et l'établissement du port.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la rotation de la planète Mercure.* Note (²) de M. **E.-M. Antoniadi**, présentée par M. H. Deslandres.

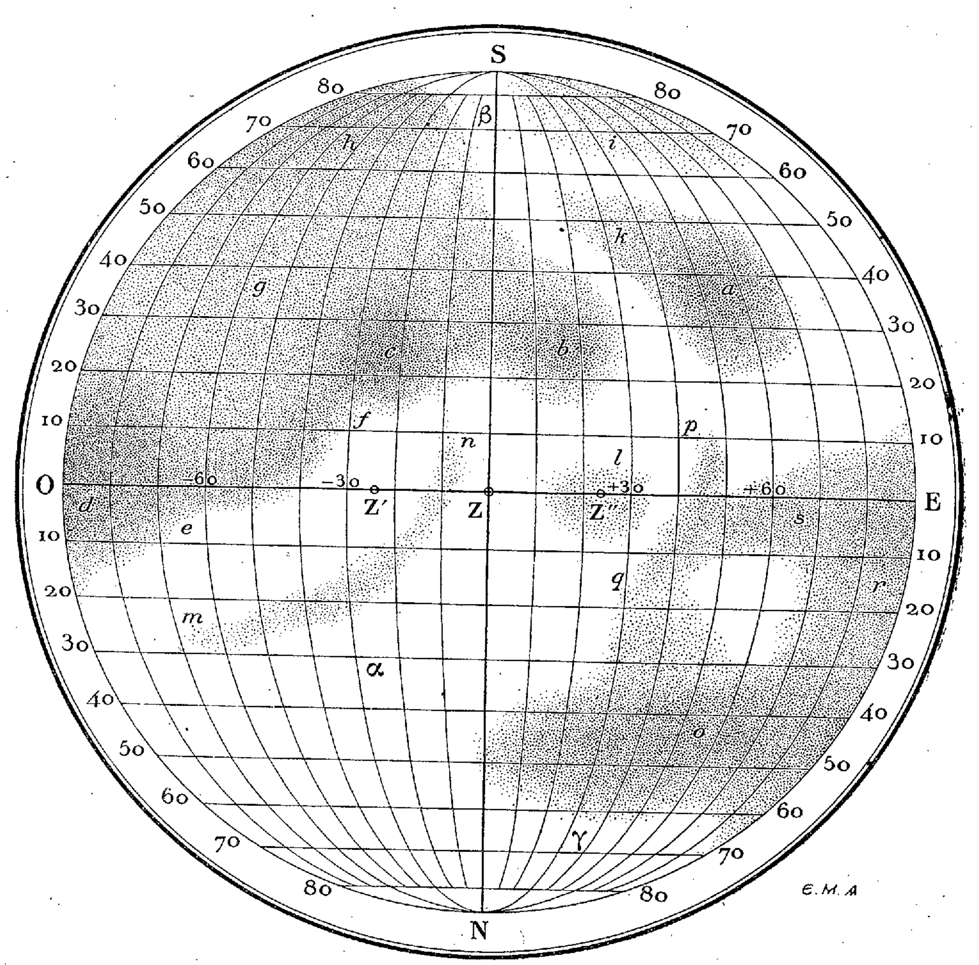
Dans une Note antérieure (³), j'ai signalé qu'une tache foncée, observée en juin dernier sur Mercure avec la lunette de $0^{\text{m}},83$ de Meudon, avait semblé rester fixe relativement au terminateur. Depuis, j'ai suivi la

(¹) Nous avons déduit $0^{\text{h}}29^{\text{m}}25^{\text{s}},16$ comme moyenne des 234 valeurs de δ dans le méridien de Greenwich, relatives aux conjonctions effectuées dans les ans 1901 à 1919.

(²) Séance du 10 octobre 1927.

(³) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 261.

planète en plein jour autant que le permettait l'état exceptionnellement nuageux du ciel l'été dernier.



Carte de Mercure, montrant la partie de la surface éclairée par le Soleil au périhélie ou à l'aphélie de la planète, d'après les observations faites depuis 1924 avec la lunette de $0^{m},83$ de Meudon.

Les diverses plages notées sur l'astre ont encore paru à peu près fixes par rapport au terminateur, qu'elles accompagnaient dans son déplacement graduel vers la gauche de l'image renversée. La rotation uniforme de la planète a été mise en évidence par une libration marquée en longitude. Quant à la libration en latitude, elle ne paraissait pas décelable.

Ces résultats confirment la découverte si remarquable de Schiaparelli, que la durée de rotation de Mercure égale la durée de sa révolution.

J'ai réuni mes observations sur un planisphère, qui n'est qu'une ébauche ou première approximation. Les plages ombrées y sont désignées par des lettres latines, les blanches par des lettres grecques.

Les principales taches foncées signalées par Schiaparelli ont été confirmées et se sont montrées plus étendues à cause de la diffraction restreinte dans le grand objectif, ce qui constitue une preuve additionnelle de leur réalité.

Mais la planète se présente bien différente dans la lunette de Meudon de ce que pouvait distinguer Schiaparelli : au lieu d'un enchevêtrement de bandes brunâtres, j'ai été frappé de l'aspect tacheté de Mercure, agrémenté d'ombres et de demi-tons sur un fond jaune, légèrement cuivré. On verra que les étendues claires de l'astre occupent plus d'espace que les foncées; qu'il y a une certaine tendance à la traînée irrégulière, vestige des convulsions passées de l'écorce; et que l'hémisphère austral est plus ombré que le boréal. Ces diverses particularités s'observent également sur Mars.

La grande tache foncée *a* du planisphère, signalée par M. Danjon en 1912, n'a été représentée que par un demi-ton très petit et très faible par Schiaparelli entre 1881 et 1889, et il est vraisemblable que si elle avait été alors aussi étendue et intense qu'aujourd'hui, son importance n'aurait pas échappé à l'astronome italien.

Les plages grisâtres de Mercure étaient souvent pâles à Meudon. Le 29 août dernier, les taches foncées du Sud ne se voyaient presque point alors que les images étaient parfaites; mais, huit jours plus tard, elles apparaissaient au moins aussi sombres que celles de Mars. De plus, la région polaire boréale, longtemps terne, se montra très blanche du 26 au 30 septembre. Les apparences en question viennent encore à l'appui des observations de nuées par Schiaparelli; mais ces voiles blafards, de nature inconnue, paraissent bien légers et semblent planer dans une atmosphère probablement plus raréfiée encore que celle de Mars.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Sur un type de télescope photographique vertical fixe, avec cœlostat, à rapports focaux interchangeables.* Note [1] de M. **G.-W. Ritchey**, présentée par M. Ch. Fabry.

La question du type de monture le plus efficace pour réflecteurs photographiques de très grandes dimensions est devenue très importante. La

[1] Séance du 10 octobre 1927.

nouvelle combinaison aplanétique de deux miroirs optiques permet a construction d'un type d'équatorial très court et compact et d'une efficacité, d'une commodité et d'une économie extraordinaires ([1]). Mais le succès des disques de miroirs composites et cellulaires ([2]), qui rend possible l'usage du pyrex et du quartz fondu pour des ouvertures considérables, a révélé la possibilité d'améliorations très importantes et de la construction de grands télescopes photographiques, nécessitant un type de monture encore plus efficace que le type d'équatorial très court lui-même.

Les disques composites cellulaires sont comparativement légers. De plus, leur construction permet l'usage d'un grand nombre de petites unités, de pyrex par exemple, au lieu d'un seul grand bloc. Ainsi, dans la construction d'un disque cellulaire en pyrex de $3^{m},66$ de diamètre, les plus grosses unités de pyrex pèseraient 250^{kg} chacune, tandis qu'un disque solide de pyrex de $3^{m},66$ de diamètre, ayant l'épaisseur minima admise, pèserait $10\,000^{kg}$. Le rapport est ici de 1 à 40, et il s'applique également à l'usage du quartz fondu et à tous les disques de grandes dimensions.

Les miroirs optiques composés de disques cellulaires permettant la ventilation ne changent pas de courbure par suite des changements ordinaires de la température. Les grands miroirs composites plans restent optiquement plans. La construction de très grands télescopes à cœlostat, de la plus haute efficacité optique, est rendue maintenant possible pour la première fois.

Pendant les huit dernières années, j'ai considéré longuement le projet détaillé d'un type de télescope vertical fixe à miroirs cellulaires. Ce type répond admirablement aux besoins et aux améliorations les plus délicates de la photographie astronomique et du travail astrophysique avec de très grandes ouvertures.

Dans ce modèle, le cælostat et le deuxième grand miroir plan sont au sommet du réflecteur et de son édifice intérieur en béton, qui sont construits comme une seule unité. Le tube fixe du télescope est vertical et se trouve immédiatement sous le deuxième grand miroir plan. Quatre grands miroirs concaves, placés chacun face en haut sur son propre chariot et dans son appareil de flottaison mécanique, occupent le plancher du premier

---

([1]) Chrétien, *Revue d'Optique*, 1, 1922, I et II, p. 1-28; Ritchey et Chrétien, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 266; Ritchey, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 640.

([2]) Ritchey, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 208; *L'Astronomie*, 40, février 1926, p. 57.

sous-sol de l'édifice. Chacun de ces miroirs, dont les chariots sont mus à l'électricité, peut rouler sur des rails droits, exacts et horizontaux et se placer dans sa position centrale précise relativement à l'axe optique du télescope.

De même, chacun des quatre petits miroirs secondaires maintenus face en bas sur leurs chariots, chacun à la distance appropriée au-dessus de son grand miroir concave, peut être amené horizontalement à sa position centrale.

Au deuxième sous-sol, au moins huit grands appareils accessoires, tels que spectrographes, instruments de laboratoire astrophysique, appareils de photographie directe, etc., chacun dans sa chambre à température constante avec plancher et piliers en béton, sont prêts à être portés électriquement sur rail dans la position centrale précise, suivant les besoins.

Les quatre grands miroirs concaves, ayant chacun son miroir secondaire moindre, donnent des rapports focaux de 1 à 3, 1 à 4,5, 1 à 6,5 et 1 à 12 respectivement. Les deux premières combinaisons sont du type aplanétique Schwarzschild à deux miroirs (¹); les deux dernières, du type aplanétique Ritchey-Chrétien à deux miroirs. Quelles que soient les dimensions du télescope, ces combinaisons, avec leurs appareils accessoires, peuvent être interchangées très rapidement la nuit, afin de tirer tout le parti possible des conditions variables des images.

Les plans détaillés sont pour un télescope vertical avec grands miroirs concaves de $3^m,05$ d'ouverture, le miroir du cælostat et le deuxième miroir plan ayant chacun $3^m,66$ d'ouverture. L'édifice intérieur, qui contient toutes les parties du cælostat et du télescope, est de construction massive en béton; c'est un tronc de cône qui a 18^m de diamètre au sommet, qui s'élève à 20^m au-dessus du niveau du sol, et qui a deux sous-sols, chacun de 6^m de profondeur et de 22^m de diamètre. Ce bâtiment, qui fait partie intégrante du télescope lui-même, est entouré d'une construction extérieure en acier supportant la coupole, une construction qui protège le bâtiment intérieur contre le vent et les intempéries et contre les grands changements de température. La coupole a un diamètre intérieur de 18^m pour l'ouverture de $3^m,05$. Coupole et construction en acier sont munies de murs ventilés, doubles ou triples, en lames minces d'acier, et elles sont peintes en blanc.

Les plans sont tracés pour une localité située à 30° de latitude nord ou sud. Le champ d'action du télescope s'étend sur 40° de déclinaison, de 12° à 52° de déclinaison nord ou sud, sans perte importante de lumière aux deux extrémités. Pour ce champ d'action, le deuxième grand miroir plan doit se déplacer verticalement sur un parcours de $4^m,8$.

(¹) SCHWARZSCHILD, *Theorie der Spiegeltelescope*, Potsdam, 1905.

Ce type de télescope permet à l'observateur de travailler dans tous les genres de photographie astronomique directe et d'exécuter la plupart des travaux astrophysiques avec toute la commodité et tous les perfectionnements possibles d'un laboratoire fixe, maintenu à une température constante.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur du soufre et du sélénium.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

Les métalloïdes de la seconde famille (oxygène, soufre, sélénium, tellure) possèdent des spectres d'arc qui sont assez complètement connus et dont le type est le spectre de triplets de l'oxygène. Outre le spectre d'arc O I, l'oxygène possède deux spectres d'étincelle O II et O III appartenant respectivement à l'atome une fois et deux fois ionisé. Ces spectres, dont l'existence est reconnue depuis longtemps, ont été analysés au point de vue de leur structure par Fowler et par Croze.

Les autres éléments de la famille de l'oxygène ont des spectres d'étincelle encore très mal connus. Nous nous sommes proposé d'appliquer à leur étude la méthode de la décharge oscillante dans un tube sans électrode, qui nous a déjà permis d'analyser les spectres d'étincelle du mercure, des gaz rares et des halogènes. A cet effet, nous enfermons le métalloïde à étudier dans un tube de silice soigneusement vidé et nous l'excitons par la décharge oscillante qui passe dans un solénoïde enroulé sur le tube. L'image spectrographique de la décharge permet de reconnaître et de classer les raies d'après leurs caractères particuliers.

La méthode indiquée nous a permis de séparer nettement, dans le cas du soufre et du sélénium, le spectre d'étincelle du spectre d'arc et de reconnaître dans le premier de ces spectres deux degrés d'excitation successifs, correspondant très probablement à S II et S III d'une part, Se II et Se III de l'autre. Le tableau suivant donne, à titre d'indication, des listes de raies d'étincelle, toutes très intenses, appartenant aux quatre spectres signalés. Il est à noter qu'au-dessus de la longueur d'onde 4900 A. environ, il ne semble plus exister que des raies S II et Se II, à l'exclusion des raies S III et Se III.

S II.

4925,39	4486,67	4142,28	3368,08
24,14	83,47	4032,84	56,26
17,22	64,47	28,81	47,32
4885,67	63,64	3998,80	3147,54
24,07	56,42	93,55	30,71
15,58	32,42	90,97	3076,20
4792,04	4318,67	79,90	66,89
55,12	4294,44	33,30	2998,28
16,27	67,78	23,50	2817,56
4668,58	4189,69	3669,02	2688,32
56,77	74,29	16,91	2585,25
48,17	74,01	3596,00	84,29
4591,13	68,40	94,46	08,10
52,41	62,70	67,17	2336,25
49,59	53,11	3385,80	2236,76
24,98	45,10	71,87	

S III.

4802,82	3901,55	3369,49	2871,95
4677,70	3838,33	67,1	2863,48
4439,89	37,81	24,85	55,99
4364,72	18,04	23,72	25,87
61,53	08,03	3117,66	2756,89
54,56	3747,90	3097,31	31,10
40,27	17,78	2952,84	26,81
32,70	09,37	50,21	2699,89
4284,98	3661,95	34,55	59,17
53,58	32,01	26,18	2496,17
3986,01	3497,33	10,85	2398,83
83,80	3387,10	09,53	87,03
28,62	70,35	2881,05	

Se II.

4844,97	4467,59	4282,12	4159,72
40,64	49,16	80,36	52,34
4763,64	46,00	47,96	36,28
40,99	32,33	15,07	32,73
4648,45	06,55	12,58	29,15
18,79	00,98	11,88	26,56
04,33	4382,86	4194,55	08,85
4563,97	55,14	80,91	4091,94
16,25	20,39	75,30	70,14

S II (*suite*).

4030,07	2880,31	2662,05	2561,69
3444,27	65,89	30,92	54,58
3105,50	20,10	02,62	49,16
3041,31	17,01	00,52	2496,05
38,66	2749,94	2591,41	13,47
2914,89	19,48	85,25	
2895,88	2688,29	82,76	

Se III.

4379,67	3457,78	3225,76	2724,24
4169,07	28,39	15,35	2665,40
4083,22	13,92	3094,27	53,92
3800,96	3392,42	69,93	38,08
3742,98	87,25	59,91	17,34
38,75	79,86	2951,65	2571,30
11,66	76,22	2804,39	2459,48
3637,54	23,08	02,26	
3570,20	3282,87	2777,54	
43,65	48,04	67,23	

Des expériences sont en cours pour l'extension des recherches au cas du tellure.

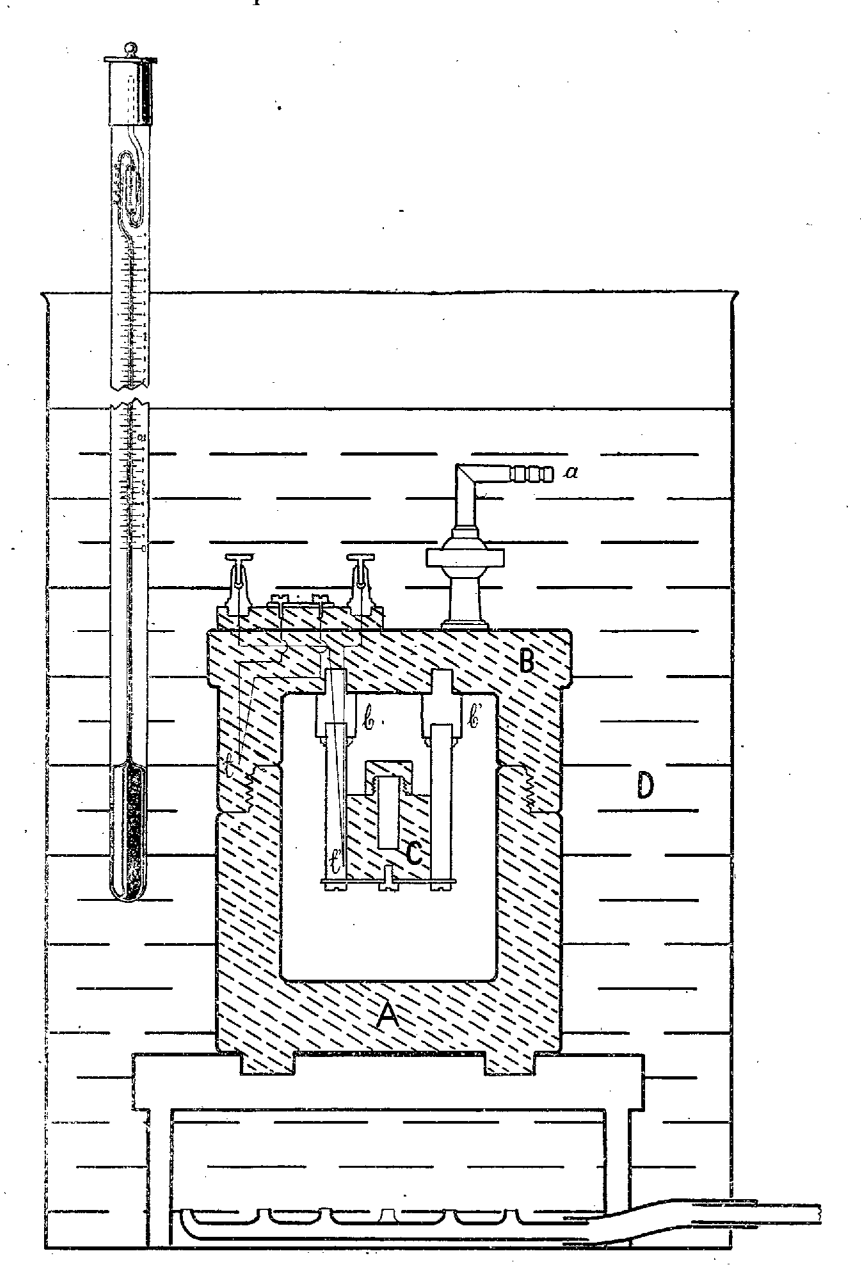
THERMOCHIMIE. — *Microcalorimètre adiabatique pour recherches radiologiques*. Note (¹) de M. **W. Swietoslawski** et Mlle **A. Dorabialska**, transmise par M. Charles Moureu.

L'étude des effets thermiques des transformations radiologiques est basée aujourd'hui presque exclusivement sur des mesures comparatives faites au moyen de deux récipients, dont l'un renferme une substance radioactive et l'autre sert à effectuer la mesure proprement dite, par exemple, de la quantité d'énergie électrique nécessaire pour maintenir au même niveau la température de ces deux systèmes.

Nous avons construit un microcalorimètre adiabatique donnant des mesures directes et exactes. La manière d'effectuer les mesures est très simple, et les résultats obtenus jusqu'à ce jour permettent de supposer que notre appareil pourra être appliqué non seulement dans le domaine de la

(¹) Séance du 17 août 1927.

radiologie, mais aussi dans celui de la biologie, et, en général, pour toutes mesures d'effets thermiques continus.



Notre appareil est constitué par un bloc massif de cuivre creux A, ressemblant à une bombe calorimétrique. Il est fermé par un couvercle B,

muni d'un robinet *a* permettant de faire le vide à l'intérieur du récipient, et de deux isolateurs *b*, *b'* avec des fils conducteurs du thermo-élément. A l'intérieur du massif A est suspendu le récipient interne constituant le vrai calorimètre, dont les dimensions varient suivant la quantité et les propriétés du corps étudié. Nous nous sommes servis, à cet effet, de deux récipients en argent; l'un, représenté sur notre dessin à l'intérieur C, pesait 122^{g},7, ce qui correspond à la capacité thermique de 6^{cal},86, et le deuxième ne pesait que 0^{g},484, avec une capacité thermique, y compris celle de l'ampoule de verre pour la substance, de 0^{cal},08. Un thermo-élément relie le calorimètre proprement dit C avec le manteau en cuivre A.

Après avoir introduit la substance radioactive, ou un petit animal, par exemple, un cafard, comme nous l'avons fait afin d'étudier le fonctionnement de notre appareil, nous plaçons ce calorimètre dans un grand récipient calorimétrique D de capacité de 10 à 15^{l} d'eau, muni d'un agitateur et d'un ultrathermomètre de Beckmann ou d'un thermomètre à résistance.

Nous commençons par amener la température du système extérieur, c'est-à-dire du bloc A et du récipient D à la température du calorimètre intérieur C, ce qui est indiqué par la position zéro de l'aiguille du galvanomètre de précision relié aux deux contacts du thermo-élément. Ensuite nous chauffons le système extérieur, afin de maintenir constamment sa température égale à celle du récipient C, de sorte que l'aiguille du galvanomètre doit conserver sa position zéro pendant toute la durée de l'expérience. Si l'accroissement de la température du calorimètre C est minime, les faibles mouvements de l'agitateur, la chaleur produite par un courant électrique suffisent pour que les conditions de la mesure adiabatique soient maintenues. On effectue l'expérience au temps voulu, choisi suivant la nature de la substance étudiée.

Nous avons effectué jusqu'à présent une série de mesures d'essais, en employant le calorimètre C, qui absorbe les rayons α et β émis par 4^{mg},3 de Ra-élément. L'accroissement de la température était de 0°,0808 par heure, l'exactitude des mesures étant de 0,7 pour 100 environ. En employant un petit calorimètre, nous avons pu évaluer la chaleur dégagée par les rayons α et β d'un millicurie environ de radon contenu dans un tube capillaire. En effectuant ces mesures pendant plusieurs jours de suite, nous avons pu suivre la diminution de la quantité de la chaleur dégagée par le radon en voie de disparition.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur des piles à électrodes identiques inaltérables.* Note de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Paul Janet.

Dans la séance du 7 mai 1926, j'ai présenté à la Société française de Physique, comme semblant, dans un cas particulier, en désaccord avec le principe de Carnot, entre autres, une pile formée d'une solution saturée de soude caustique, dans laquelle plongeait entièrement une lame de platine (I) constituant l'électrode négative, tandis qu'une lame identique (II) n'était que partiellement immergée et constituait l'électrode positive. La pile datait de Décembre 1924, sa f. é. m. était d'environ 0,7 volt.

Dans la suite, j'ai continué avec des piles analogues, des expériences tendant à vérifier que, pendant leur fonctionnement, il ne se produisait aucune réaction chimique entre les éléments dont elles sont formées, expériences dont voici les résultats :

a. Le courant et la quantité d'électricité produits par ces piles, ainsi que leur polarisation, sont en tout analogues au courant et à la quantité d'électricité reçus par un voltamètre et à sa polarisation, quand on lui applique une tension insuffisante pour produire l'électrolyse.

Pour des électrodes formées de rubans de platine platiné de $800 \times 5 \times 0^{mm},01$ et pour une décharge de 2 heures, au bout de laquelle la polarisation atteint 99 pour 100 de la valeur initiale de la f. é. m. (un demi-volt), la quantité d'électricité débitée est de l'ordre du coulomb, correspondant à une énergie développée d'environ 400000 ergs.

Il faut ensuite laisser une vingtaine d'heures la pile en circuit ouvert, pour que la polarisation disparaisse et que la f. é. m. recouvre sa valeur primitive. On peut répéter autant que l'on veut ce cycle, sans observer aucune fatigue de la pile, mais la quantité d'électricité débitée reste petite et il est difficile de constater, par des pesées, que le poids des électrodes n'a pas varié de la valeur correspondant à la quantité d'électricité débitée. J'ai alors fait passer longuement des courants de plusieurs milliampères par centimètre carré d'électrode, dans le sens de la f. é. m., en appliquant aux bornes une tension convenable, sans observer aucune variation du poids des électrodes.

b. La polarisation rapide et presque complète de la pile est un indice de l'absence de réaction. Si l'on remplace l'électrode (I) par une lame en métal attaquable, du zinc par exemple, la f. é. m. augmente de la différence de potentiel entre platine et zinc, mais le courant permanent de la pile

devient incomparablement plus grand, l'électrode attaquée se polarisant peu. La quantité de zinc dissous correspond à la quantité d'électricité débitée.

c. Pour des électrodes de forme quelconque, l'électrode négative étant complètement immergée, la f. é. m. dépend, en première approximation, du rapport ρ de la longueur de la courbe suivant laquelle la surface du liquide coupe la surface de l'électrode positive, à l'aire de la surface mouillée de cette électrode.

La f. é. m. est maximum lorsque l'électrode positive touche à peine la surface du liquide, elle diminue à mesure qu'on enfonce cette électrode et s'annule lorsque le rapport ρ devient très petit. A chaque enfoncement de l'électrode il faut attendre un temps suffisant, pour que la f. é. m. s'établisse à la valeur correspondant à la nouvelle position de l'électrode.

On observe une f. é. m. entre deux électrodes incomplètement immergées, mais dont le rapport ρ est différent, l'électrode positive étant celle pour laquelle ce rapport est le plus grand.

d. L'agitation des électrodes fait baisser la f. é. m. d'autant plus qu'elle est plus violente, ce qui ne se produit pas si la f. é. m. est due à une attaque des électrodes, comme c'est le cas pour l'électrode de zinc.

e. La f. é. m. dépend du traitement physique qu'ont subi les électrodes : écrouissage, recuit, polissage, platinage, etc. La f. é. m. dépend donc de l'état de la surface des électrodes, elle ne varie ni avec le temps, ni avec le passage du courant, ce qui n'arriverait pas si la surface des électrodes était tant soit peu attaquée.

f. La f. é. m. varie beaucoup avec la concentration de la solution alcaline dans laquelle plongent les électrodes; si au lieu d'être saturée la solution n'est qu'à demi saturée, la f. é. m. se réduit au dixième.

Ce fait ne semble pas non plus compatible avec la supposition que la f. é. m. est due à une attaque des électrodes.

g. Les phénomènes décrits ci-dessus ne sont pas particuliers au platine; on obtient des résultats analogues avec des électrodes en or et en général avec des métaux inattaquables par les alcalis, ainsi qu'avec des électrodes en charbon : graphite Acheson, charbon de cornue, coke, charbon de bois, etc. Les f. é. m. obtenues sont du même ordre de grandeur (aux environs du demi-volt), l'électrode positive étant toujours celle incomplètement immergée.

Il semble bien difficile d'admettre que des corps aussi différents puissent donner lieu, avec la solution de soude, à des réactions correspondant à des

f. é. m. du même ordre de grandeur. En l'admettant il faudrait encore expliquer le mécanisme de production de la f. é. m.; aucune théorie existante ne permet de le faire.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'effet de soupape présenté par une anode au silicium et son mécanisme.* Note [1] de M. **René Audubert**, présentée par M. G. Urbain.

On réalise facilement une cellule électrolytique possédant une conductibilité unilatérale (effet de soupape) en associant à une électrode indifférente un métal (Al, Mg, Ta, Mo, Tu, etc.) donnant lieu par polarisation anodique à une couche de passage de haute résistance. Une anode de silicium utilisée soit à l'état pur, soit à l'état d'alliage dans un électrolyte quelconque : acide ou alcalin, présente cette propriété à un très haut degré.

On apprécie l'effet de soupape en mesurant le rapport $\frac{I_m}{I_{eff}}$ de l'intensité dans un ampèremètre continu à l'intensité dans un ampèremètre alternatif. Une cellule à électrode de silicium fonctionne pour des valeurs de $\frac{I_m}{I_{eff}}$ très voisines de la valeur théorique. En outre, contrairement à ce qui s'observe avec la plupart des cellules, l'effet de redressement est peu sensible à une élévation de température, même au voisinage de 100°. Le rendement énergétique, faible dans la plupart des cas (pour Al par exemple il ne dépasse pas 15 pour 100), peut atteindre 50 pour 100 avec le silicium ou les alliages de celui-ci en solution acide et lorsque la réactance du circuit est voisine de zéro, c'est-à-dire pour $L\omega = \frac{1}{C\omega}$, où L représente la self, ω la pulsation et C la capacité de la pellicule de haute résistance (environ 2,5 microfarads par centimètre carré).

A titre d'indication, les figures 1 et 2 représentent respectivement deux oscillogrammes relevés en redressant les deux alternances d'un courant 42 périodes avec 0,01 et 0,06 henry.

En ce qui concerne le mécanisme on peut penser que, par polarisation anodique, l'électrode de silicium s'oxyde et se recouvre d'une couche de silice qui, en raison de sa résistance élevée, s'oppose au passage du courant. Lors de la polarité inverse, l'hydrogène cathodique réduit plus ou

[1] Séance du 10 octobre 1927.

moins complètement cette pellicule et le courant peut à nouveau passer. Dans la phase d'oxydation, on a $Si + O^2 \rightarrow SiO^2$; la vitesse d'oxydation, d'après la loi d'action des masses, est proportionnelle aux concentrations et à la surface S de l'électrode $-\frac{d_{Si}}{dt} = kC_{O^2}S$.

Mais comme cette transformation est de nature électrochimique, on peut

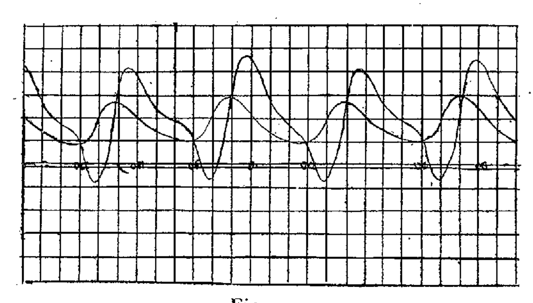


Fig. 1.

Fig. 2.

écrire que sa vitesse est proportionnelle à l'intensité du courant I, d'où

$$-\frac{d_{Si}}{dt} = k'I = kC_{O^2}S. \quad (1)$$

D'autre part, C_{O^2} est lié au potentiel ε de l'électrode ; en considérant celle-ci, en effet, comme un électrode à oxygène, on a

$$\varepsilon = \frac{RT}{4F}\,\mathrm{Log.}\,\frac{k''C_{O_2}}{(OH^-)^4}. \quad (2)$$

Et en remplaçant C_{O^2} par sa valeur tirée de (1)

$$\varepsilon = \frac{RT}{4F}\,\mathrm{Log.}\,aI. \quad (3)$$

Cette relation peut être vérifiée en construisant les courbes tension courant (en polarisation anodique) [1]. La figure 3 représente le résultat de ces expériences faites à des températures comprises entre 20 et 90° avec une cellule $Si \mid SO^4H^2 . 10\,{}^0/_0 \mid Pb$. Les courbes prolongées convergent sensiblement au point $I = 0$, $\varepsilon = 3,4$ volts, valeur qui représente la force contre-électromotrice de la soupape. La figure 4 montre qu'en traduisant ces résultats dans le système de coordonnées $x = \mathrm{Log.}\, I$, $y = \varepsilon$ on a bien un faisceau de droites concourantes, à condition de ne pas tenir compte des mesures correspondant à des tensions très voisines de la force contre-électromotrice,

(1) Mesures faites avec la collaboration de M. Buffat.

région où il est difficile d'avoir une précision satisfaisante. L'influence de la température nécessite l'introduction d'un terme correctif en remplaçant l'équation (1) par

$$\varepsilon = \alpha \frac{RT}{4F} \operatorname{Log.} a I,$$

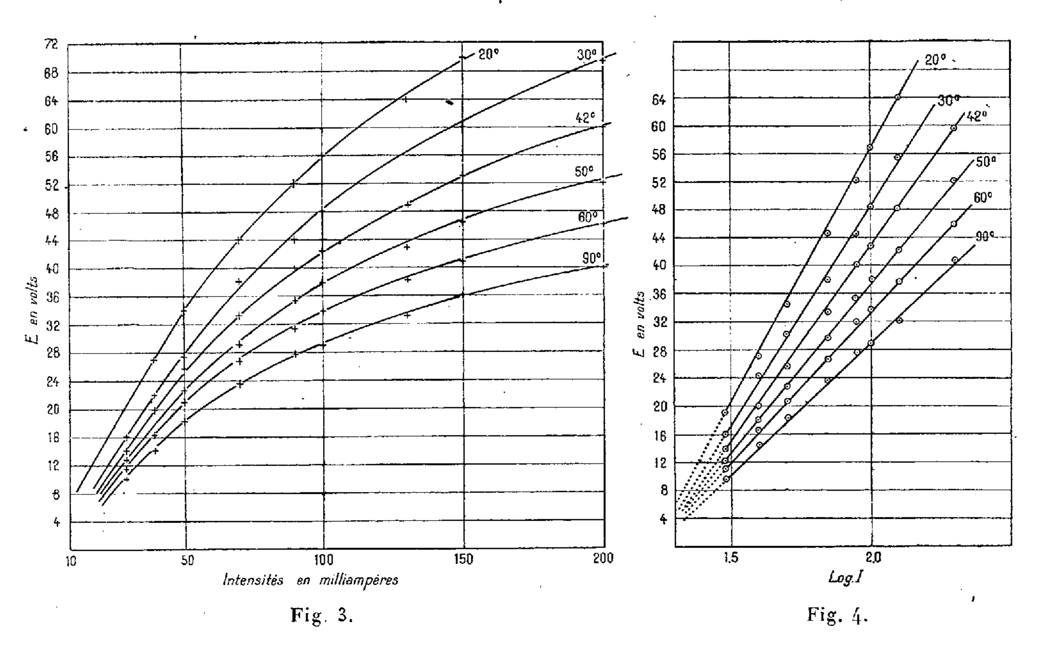


Fig. 3. Fig. 4.

où α, conformément à l'expérience, est une fonction exponentielle de la température.

En résumé, on peut admettre que l'effet de soupape d'une anode est lié à un processus d'oxydation-réduction.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'existence de groupements d'atomes de radioéléments dans les solutions acides et sur les surfaces activées par l'émanation.* Note de Mlle **C. Chamié**, présentée par M. J. Perrin.

J'ai montré dans ma Note précédente (¹) que les éléments radioactifs se présentent dans le mercure en groupements d'atomes qui donnent sur la plaque photographique des images étoilées caractérisant chaque radioélément par ses rayons. Deux hypothèses peuvent se poser pour interpréter ce

(¹) Mlle C. Chamié, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1243.

fait : 1° le mercure reçoit du milieu extérieur des atomes individuels qui s'associent en groupements à sa surface ou dans sa masse; 2° le mercure reçoit des agrégats d'atomes qu'il absorbe sans les dissocier. Si l'on mettait en évidence l'existence de groupements d'atomes dans les radioéléments qui servent à activer le mercure, la seconde hypothèse serait vérifiée.

Des expériences ont été faites avec des lamelles de mica minces et flexibles. Dans une partie de ces expériences, la lamelle activée était emprisonnée entre deux plaques photographiques fortement pressées l'une contre l'autre par de grands poids pour que le corps actif se désintègre sur la gélatine. Une légère surélévation du corps actif au-dessus de la plaque photographique donne un noircissement général, sans figures caractéristiques. L'une des plaques était impressionnée directement par le corps actif et l'autre subissait l'action des rayons α qui traversaient le mica. Avec des lamelles métalliques, le phénomène se complique par des effets secondaires tels que la pénétration du corps actif dans le métal, l'oxydation de la surface et la difficulté d'établir un bon contact entre toute la surface métallique et la gélatine.

Trois genres d'expériences ont été faites :

I. *Répartition des radioéléments après évaporation des solutions acides.* — Des solutions chlorhydriques et azotiques de polonium et de dépôt actif de thorium furent déposées sur des lamelles de mica et abandonnées à l'évaporation. Les photographies faites avec ces lamelles ont donné les mêmes images étoilées que j'ai obtenues avec le mercure activé; la répartition du corps actif sur la surface de la lamelle se fait donc par groupements d'atomes.

II. *Radioéléments en solutions acides non évaporées à sec.* — Une solution chlorhydrique de polonium était versée sur une plaque photographique recouverte d'une couche mince de vaseline pour protéger la gélatine contre l'acide. Des précautions ont été prises pour que la solution ne s'évapore pas pendant le temps de pose. La plaque était dégraissée à la benzine avant le développement. Dans d'autres expériences, la plaque était recouverte d'une lamelle très mince de mica sur laquelle on versait la solution. Si le liquide contient des groupements d'atomes, ils peuvent ne pas se manifester sur la photographie parce qu'ils nagent au-dessus de la plaque et la balaient par les rayons dans tous les sens. Les groupements ne peuvent donner des images étoilées que s'ils se fixent et s'immobilisent à la surface de la vaseline ou du mica. J'ai obtenu dans certaines expériences des photographies très nettes en étoiles mettant en évidence l'existence de groupements d'atomes de polonium dans les solutions chlorhydriques. Quand on dépose sur la surface du mercure une goutte de solution chlorhydrique

de polonium, le mercure absorbe ces groupements. Si pendant cette activation, le mercure se trouve sur une plaque photographique, celle-ci enregistre l'arrivée des groupements à sa surface par les images étoilées qui les caractérisent. Les groupements d'atomes ont été observés également dans les solutions azotiques du dépôt actif du thorium.

III. *Répartition du dépôt actif sur une lamelle exposée à l'émanation.* — Plusieurs expériences ont été faites avec l'émanation de thorium dans des conditions variées : 1° une lamelle de mica était exposée pour un temps court à l'émanation et pressée ensuite entre deux plaques photographiques pour un temps de pose assez long; 2° une lamelle longuement activée était appliquée avec pression contre une plaque photographique pour quelques minutes seulement, et l'on ne développait la plaque qu'après plusieurs heures pour que les atomes actifs détachés de la lamelle aient le temps de se détruire sur la gélatine ; 3° la même lamelle était pressée entre deux plaques photographiques pour un temps de pose long vers la fin de vie du dépôt actif afin d'éviter un rayonnement trop fort qui voile les images caractéristiques. Pour l'activation, on plaçait la lamelle horizontalement au-dessus ou à côté d'une forte préparation de radiothorium.

Dans certaines expériences, la préparation et la lamelle étaient recouvertes de papier Joseph pour empêcher l'entraînement des poussières et des matières solides de la préparation. L'activation avait lieu à l'air libre ou bien dans le vide. Dans tous les cas les photographies ont donné les mêmes images de la destruction du dépôt actif du thorium réparti en groupements d'atomes que j'avais trouvés avec le mercure exposé à l'émanation. Les expériences avec l'actinon et le radon ont donné les mêmes résultats. L'émanation du radium contenue dans une ampoule de verre était introduite par un procédé approprié dans un récipient étanche, bien sec où l'on avait fait le vide et qui contenait la lamelle à activer.

Conclusions. — *Ces expériences prouvent l'existence de groupements d'atomes de radioéléments dans les solutions acides et sur les surfaces soumises à l'activation par les émanations ou par évaporation des solutions acides.* Les impressions sont toujours les mêmes et semblables à celles obtenues avec le mercure activé. On peut conclure que le mercure reçoit, par ces procédés d'activation, des atomes radioactifs déjà associés en agrégats qu'il absorbe sans les dissocier en atomes individuels. Des expériences sont en cours pour voir si ces groupements correspondent à la totalité d'atomes des radioéléments ou seulement à une partie et quelles sont les conditions de leur formation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'emploi des dépôts électrolytiques de cadmium pour la protection des métaux et alliages contre la corrosion.* Note [1] de MM. **Jean Cournot** et **Jean Bary**, présentée par M. Léon Guillet.

Après la protection de l'aluminium et des alliages légers contre la corrosion [2] nous avons étendu nos recherches à la protection des aciers et alliages divers de cuivre, et nos résultats donnent encore les dépôts de cadmium comme particulièrement efficaces. Leur adhérence, contrôlée par des expériences de pliage et d'emboutissage, est au moins égale à celle des autres modes de revêtement; de plus, leur opacité, vérifiée par de nombreux essais de corrosion, est excellente; nous avons notamment exécuté des expériences de corrosion dans un brouillard d'eau salée : ce mode d'essai, encore peu connu, consiste à provoquer dans un caisson étanche une pulvérisation continuelle d'eau de mer naturelle ou artificielle à l'aide d'un jet léger d'air comprimé; les éprouvettes placées dans ce caisson subissent ainsi une « activation » considérable : nous estimons, à la suite de nos déterminations, qu'une heure d'exposition dans ce brouillard salin équivaut à peu près à deux semaines dans l'atmosphère normale.

Cette non-perméabilité du recouvrement électrolytique de cadmium est un avantage qui mérite d'être souligné : ce genre de dépôt possède à ce point de vue une supériorité considérable sur le nickelage, lequel est toujours plus ou moins poreux, même lorsque les plus grandes précautions (addition de colloïdes, chauffage du bain, élévation de la densité de courant, mouvement de l'électrolyte, agitation des cathodes, injection d'air, etc.) sont prises pour l'améliorer; il est également préférable au zincage électrolytique : nos essais nous permettent de préciser qu'à épaisseur égale, la durée de tenue du cadmium, à la corrosion atmosphérique, est trois fois plus longue que celle du zinc.

Par contre, le cadmium présente deux graves inconvénients : le manque de dureté et la perte assez rapide du très beau « brillant » que l'on est susceptible de lui donner initialement; ce second défaut n'est d'ailleurs pas dû, d'après nos observations, à une corrosion superficielle, mais est un corollaire du premier.

Les recouvrements de nickel étant plus durs, et leur brillant ne dispa-

---

[1] Séance du 10 octobre 1927.

[2] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 789.

raissant au contraire que par suite de l'altération du métal sous-jacent — altération due à la porosité du nickelage —, nous avons essayé un double dépôt de cadmium et de nickel, afin de réaliser un recouvrement à la fois opaque et stable quant au brillant; nous avons pour cela modifié notre opération habituelle [1] de dépôt de cadmium dans le sens d'un « décapage avec dépôt de cadmium », par analogie avec le « décapage-cuivrage » bien connu : augmentation de la teneur en cyanure alcalin et diminution de celle en carbonate de cadmium, substitution totale ou partielle d'anodes en fer à celles en cadmium.

Nous avons comparé ce mode de recouvrement au double dépôt cuivre-nickel; les résultats ont été très inférieurs pour ce dernier : dans le brouillard d'eau salée par exemple, des éprouvettes brut d'électrolyse (métal support : acier demi-dur) ont montré un début d'oxydation après 19 heures pour le dépôt Cd-Ni et après 7 heures pour le dépôt Cu-Ni; des éprouvettes ravivées après nickelage ont commencé à être attaquées après 3 heures pour le dépôt Cd-Ni et 1 heure et quart pour le dépôt Cu-Ni.

Nous avons également essayé le zincage-nickelage; mais l'immersion des éprouvettes recouvertes de zinc dans le bain de nickelage altère très vite ce dernier, ce qui rend l'opération industriellement impraticable : le nickel noircit par oxydation, perdant ses qualités d'adhérence et de brillant.

Nous devons signaler qu'au contraire la présence du cadmium dans les bains de nickelage, soit sous forme d'anodes, soit sous forme de pièces recouvertes de cadmium elles-mêmes, améliore la couche de nickel en augmentant le brillant final et, semble-t-il aussi, la finesse du dépôt.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons de l'oxychlorure de zirconium avec les chlorures alcalins.* Note [2] de MM. **Ed. Chauvenet** et **E. Duchemin**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons recherché les combinaisons susceptibles d'être formées par voie humide par l'oxychlorure de zirconium et les chlorures alcalins. Nous avons appliqué la méthode des chaleurs de mélange de dissolutions équimoléculaires [3], dont nous rappelons le principe.

---

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 789.

[2] Séance du 12 septembre 1927.

[3] G. Urbain, P. Job, Ed. Chauvenet, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 855.

Dans un calorimètre on fait des mélanges variés de deux dissolutions équimoléculaires concentrées, de manière qu'un même volume v contienne x molécules de la solution a et $(1-x)$ molécules de la dissolution b. Si certaines conditions sont satisfaites [1] la concentration c du corps $a^m b^n$ passera par un maximum pour le mélange tel que

$$\frac{x}{1-x} = \frac{m}{n} \qquad (\text{à } t^\circ),$$

m et n étant des coefficients entiers.

D'autre part l'effet thermique observé sera maximum ou minimum lorsque la concentration c passera elle-même par un maximum ou par un minimum; la courbe des variations de chaleur avec x indiquera le maximum et partant l'ordre de la réaction.

Les prix élevés et la rareté de certains produits (les chlorures de rubidium et de cæsium en particulier) ont limité d'une part le nombre de nos mesures et nous ont empêchés d'autre part de faire des dissolutions très concentrées; le titre adopté était $\frac{2}{3}$ N. Cependant les résultats obtenus ont été précis.

L'effet thermique a été nul dans les mélanges : ($ZrOCl^2$, ClLi), ($ZrOCl^2$, ClNa), ($ZrOCl^2$, ClK). Il nous a été impossible d'autre part d'isoler une combinaison quelconque formée par l'oxychlorure de zirconium et l'un des chlorures alcalins précédents.

Au contraire l'effet thermique a été positif en ce qui concerne les autres chlorures.

Volumes du $ZrOCl^2$.	Volumes du chlorure alcalin.	Calories dégagées.	$V = 300^{cm^3}$.
	Système $ZrOCl^2$ — $ClNH^4$.		
135^{cm^3}	165^{cm^3}	5,81	
165	135	8,66	
180	120	8,64	
195	105	5,73	
	Système $ZrOCl^2$ — ClRb.		
125	175	5,67	
150	150	11,32	
200	100	8,46	
250	50	4,93	

(1) Voir le Mémoire précédent.

Volumes du $ZrOCl^2$.	Volumes du chlorure alcalin.	Calories dégagées.	V = 300^{cm^3}.
	Système $ZrOCl^2$ — ClCs.		
135^{cm^3}	165^{cm^3}	5,76	
165	135	8,60	
180	120	11,48	
190	110	9,99	
195	105	5,71	

L'examen des courbes construites avec ces données indique l'existence des combinaisons

$$7\,ZrOCl^2,\ 5\,ClNH^4,$$
$$ZrOCl^2,\ \ ClRb,$$
$$8\,ZrOCl^2,\ 5\,ClCs.$$

Nous avons pu isoler la dernière seulement par évaporation lente d'une solution renfermant les deux sels; cette combinaison cristallise avec $64H^2O$ (¹); elle se présente sous la forme de gros cristaux.

Vers 80° elle perd $53H^2O$ et devient anhydre à 100° (²).

A la vérité nous avons été embarrassés pour donner une formule à ce sel double; hésitant entre les rapports : $8\,ZrOCl^2$, $5\,ClCs$ et $5\,ZrOCl^2$, $3\,ClCs$. La composition élémentaire de la combinaison hydratée en adoptant $5\,ZrOCl^2$, $3\,ClCs$, $44H^2O$ serait : Cl = 21,10 pour 100 et Zr = 20,70 pour 100, et en ce qui concerne la combinaison anhydre : Cl = 33,13 et Zr = 31,80.

Une dizaine d'analyses toutes concordantes, soit du produit anhydre, soit du produit hydraté, nous ont finalement conduits à adopter la formule : $8\,ZrOCl^2$, $5\,ClCs$.

Nous avons essayé, mais sans succès, de faire cristalliser les deux autres combinaisons signalées sur le graphique.

(¹) Analyse:

	Trouvé.	Calculé.
Cl pour 100	21,70	21,80
Zr pour 100	20,96	21,20

(²) Analyse :

	Trouvé.	Calculé.
Cl pour 100	32,96	32,92
Zr pour 100	32,14	32,04

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Bleus de molybdène stables et instables. Applications analytiques à la recherche des ions phosphorique et arsénique.* Note [1] de M. G. **Denigès**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. Suivant les conditions du milieu, les solutions hydro-sulfuriques d'acide molybdique, soumises à l'action d'agents de réduction, prennent une coloration bleue ne paraissant pas correspondre à la formation d'un même produit.

C'est ainsi que le réactif sulfo-molybdique dont j'ai autrefois indiqué la formule (solution à 10 pour 100 de molybdate d'ammonium additionnée de son volume d'acide sulfurique concentré) et les applications [2], bleuit sous l'influence de la lumière solaire et d'un grand nombre de réducteurs : sels stanneux, Cu, Hg, Sn, Al, Zn, hydroquinone, etc. Cette coloration bleue a pour caractère de disparaître, par dilution, dès que la concentration de H^2SO^4 s'abaisse au-dessous de 25 pour 100, en volume, ou par addition de cet acide quand sa concentration dépasse 75 pour 100 et de s'atténuer, par l'action de la chaleur, d'autant plus fortement, pour une même température, qu'elle était initialement plus faible; elle reparaît, d'ailleurs, par refroidissement et semble obéir à une loi d'équilibre.

On peut donc qualifier d'*instable* le produit bleu ainsi formé et dont la nature reste encore indéterminée.

Ajoutons qu'il a encore comme caractère de ne point passer dans l'éther quand on agite sa solution hydro-sulfurique avec ce véhicule, mais sans s'insolubiliser sous son influence.

Au contraire, en présence d'ions phosphorique ou arsénique et dans d'autres conditions de concentration, ces mêmes solutions soumises à l'action des réactifs précités, ou encore les solutions neutres de molybdates alcalins traitées par $SnCl^2$, prennent une teinte bleue permanente que ni la dilution, ni l'élévation de température ne détruisent et qui correspond à la formation de composés bien déterminés pouvant ainsi, à juste titre, être appelés bleus de molybdène *stables*.

Ces derniers sont de deux catégories; les uns étant solubles dans l'éther qui les enlève totalement à leur solution sulfurique, dès que cet acide

(1) Séance du 10 octobre 1927.

(2) G. Denigès, *Bulletin Soc. Chim.*, 3e série, 3, 1890, p. 797, et *Bulletin Soc. Pharm. de Bordeaux*, 33, 1893, p. 286.

atteint une concentration voisine de 4N : ce sont les phospho et arsénio-conjugués que j'ai récemment décrits [1], un autre étant, au contraire, insoluble dans ce liquide qui ne l'emprunte jamais à ses solutions sulfuriques, quel que soit leur degré d'acidité, mais qui peut l'y insolubiliser, en le coagulant sous forme d'un précipité bleu surnageant le liquide aqueux : c'est le bleu de molybdène proprement dit, $MoO^2.4MoO^3$.

II. En dehors des modes de formation connus, pour ces divers bleus stables, il en est un autre qu'on réalise facilement et dont on peut déduire une formule avantageuse pour l'obtention de la réaction céruléo-molybdique [2] relative à la recherche de traces de P et de As.

Si, en effet, on dilue dans trois fois son volume d'eau, le réactif sulfo-molybdique précédemment indiqué, et si on l'additionne d'un des réducteurs plus haut énumérés et, en particulier, de cuivre, il se produit d'abord, au bout d'un temps variable avec le réducteur, une coloration jaunâtre résultant de la formation de MoO^2, salifié par H^2SO^4 et qu'on peut insolubiliser par l'ammoniaque lorsqu'on emploie le cuivre, par exemple.

Si l'on arrête à ce point la réduction (qui va plus loin avec Zn, Al, etc.), le liquide, additionné d'une solution aqueuse, assez concentrée, d'un molyddate alcalin, se colore immédiatement en bleu et peut même précipiter un produit de même couleur.

Il se forme ainsi du bleu de molybdène proprement dit, stable et insoluble dans l'éther. Mais si on l'additionne, non plus de molybdate, mais d'ion phosphorique ou arsénique, la coloration bleue qui prend naissance, lentement à froid, rapidement à chaud, résulte de la formation des dérivés phospho et arsénio-céruléo-molybdiques dont il a été question plus haut.

III. On peut, en utilisant ces dernières données, confectionner un réactif unique permettant de réaliser la réaction céruléo-molybdique d'une manière très pratique.

Voici la technique de sa préparation et de son usage :

Dans un poudrier de 30^g, bouché à l'émeri, mettre 0^g,50 de tournure de cuivre, remplir complètement le flacon avec la solution sulfo-molybdique, *diluée au quart*, précédemment indiquée (§ II), et agiter de temps en temps en secouant fortement le flacon. Après une heure de contact, décanter le liquide, jauni, dans un flacon (jaune de préférence). Il constitue le réactif

---

(1) G. Denigès, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 687 et *Bulletin Soc. Pharm. de Bordeaux*, **65**, 1927, p. 197.

(2) G. Denigès, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 802.

cherché. Comme il s'altère peu à peu, on doit le renouveler chaque semaine.

Pour l'emploi, on met, dans un tube à essai en verre, très blanc, 5^{cm^3} du liquide dans lequel on veut déceler l'ion phosphorique et 5 gouttes ($0^{cm^3},2$) du réactif. En agitant sans cesse le récipient, on porte son contenu à l'ébullition qu'on maintient 5 à 6 secondes.

On abandonne le tube à un refroidissement spontané. Après 10 minutes au moins, on compare son contenu avec celui d'un témoin préparé, dans les mêmes conditions de chauffage et de refroidissement, avec 5^{cm^3} d'eau distillée et 5 gouttes de réactif. Les moindres traces d'ion phosphorique (ou arsénique) se révèlent par l'apparition d'une teinte bleue, plus ou moins foncée selon la teneur en ces ions et très fixe.

Cette teinte est très marquée, à partir de $0^{mg},4$ de phosphore, à l'état d'ion phosphorique, par litre. Elle est encore appréciable jusqu'à $0^{mg},15$ par litre.

Ce réactif est particulièrement précieux pour l'essai des eaux dont il permet de déterminer très vite, par colorimétrie, la teneur en ion phosphorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des produits à point d'ébullition élevé contenus dans l'huile de Cadet.* Note [1] de MM. **Amand Valeur** et **P. Gailliot**, présentée par M. Charles Moureu.

Lorsqu'on soumet à la distillation fractionnée dans une atmosphère d'anhydride carbonique de l'huile de Cadet brute, on parvient à isoler une fraction de triméthylarsine (Eb. 50°-52°; densité à 15° 1,144) [2], et un mélange d'oxyde de cacodyle et de cacodyle (Eb. 150°-165°; densité à 15° 1,462). Il reste dans l'appareil distillatoire un résidu. En possession d'une assez grande quantité de ce résidu, nous avons réussi à isoler par distillation dans le vide un liquide, remarquable par sa curieuse coloration *bleue*, ininflammable spontanément à l'air, doué d'une odeur fortement alliacée et bouillant à 115°-120° sous la pression de 5^{mm}. Sa densité est de 1,647 à 15°. Refroidi à — 80°, il devient d'une viscosité extrême sans présenter de tendance à la cristallisation. Il est insoluble dans l'eau, légèrement soluble dans l'acide chlorhydrique concentré d'où il se précipite par

---

(1) Séance du 10 octobre 1927.

(2) Amand Valeur et Paul Gailliot, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1559.

addition d'eau. Les alcalis sont sans action sur lui. Il est soluble en toutes proportions dans le benzène, l'alcool, l'éther. La cryoscopie de ce composé, effectuée dans le benzène saturé d'acide carbonique sec, nous a donné un nombre voisin de 300. Si l'on compare ce résultat à celui que l'on obtient dans les mêmes conditions avec le cacodyle pur, on est conduit à admettre l'existence de 3 atomes d'arsenic dans sa molécule. (Nous avons préparé pour cette expérience le cacodyle par le zinc et le chlorure de cacodyle. Nous lui avons trouvé un point d'ébullition de 163° et un point de fusion de — 5°, alors qu'on lui attribue un point d'ébullition de 170° et un point de fusion de — 6°. La détermination de sa densité nous a donné 1,447 à 15° et la cryoscopie 200.)

L'analyse permet d'attribuer au liquide bleu la formule $(CH^3)^6As^3$; cependant l'étude des produits résultant de l'action de l'iodure de méthyle et d'éthyle nous a amenés à le considérer comme un mélange de 57,4 pour 100 de $(CH^3)^7As^3$ et de 42,6 pour 100 de $(CH^3)^5As^3$, pratiquement inséparable par distillation fractionnée.

La constitution de ces corps, dans lesquels nous avons pu caractériser les groupements CH^3As et $(CH^3)^3As$, peut être représentée par les formules suivantes :

1° $(CH^3)^3 \equiv As - As \equiv (CH^3)^3$, les deux As liés à As—$CH^3$ (57,4 pour 100)

2° $(CH^3)^3 \equiv As - As - CH^3$, les deux As liés à As—$CH^3$ (42,6 pour 100).

$$\begin{array}{cc} (CH^3)^3 \equiv As - As \equiv (CH^3)^3 & (CH^3)^3 \equiv As - As - CH^3 \\ \diagdown\ \diagup & \diagdown\ \diagup \\ As & As \\ | & | \\ CH^3 & CH^3 \\ (57,4 \text{ pour } 100) & (42,6 \text{ pour } 100). \end{array}$$

L'iodure de méthyle donne naissance avec le liquide bleu à deux iodométhylates correspondant aux deux produits mentionnés ci-dessus. Le premier, par fixation de deux molécules de CH^3I, fournit un produit bien cristallisé et incolore; le second, par fixation d'une molécule d'iodure de méthyle, fournit une huile épaisse légèrement jaune, que l'on peut faire cristalliser. Nous avons identifié ces deux composés que nous représentons par les formules suivantes :

$$1^\circ \quad (CH^3)^4 \equiv As - \underset{\diagup\ \diagdown \atop I \quad I}{\overset{CH^3 \atop |}{As}} - As \equiv (CH^3)^4 \qquad 2^\circ \quad (CH^3)^4 \equiv As - \overset{CH^3 \atop |}{As} - As \begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown I \end{matrix}$$

L'iodure d'éthyle agit de même sur le liquide bleu et fournit les com-

posés que nous représentons par les formules suivantes :

$$1^{\circ}\quad \begin{matrix}(CH^3)^2\\ C^2H^5\end{matrix}\!\!>As-\underset{I\quad I}{\overset{CH^3}{\overset{|}{As}}}-As\!\!<\!\!\begin{matrix}(CH^3)^2\\ C^2H^5\end{matrix} \qquad\qquad 2^{\circ}\quad \begin{matrix}(CH^3)^2\\ C^2H^5\end{matrix}\!\!>As-\overset{CH^3}{\overset{|}{As}}-As\!\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\ I\end{matrix}$$

La proportion respective des iodoalcoylates obtenus à partir du mélange initial, correspond à la composition que nous avons donnee pour celui-ci.

Conclusions. — Cette étude ajoute à la série des composés méthylés de l'arsenic un nouveau type de corps renfermant 3 atomes d'arsenic liés dans leur molécule. Au point de vue chimique, ces corps jouissent d'une remarquable stabilité.

Malgré de nombreuses tentatives effectuées en vue de réaliser la synthèse de ces composés, aucune, à part la réaction de Cadet, qui consiste à chauffer l'acétate de potassium et l'acide arsénieux, n'a pu nous apporter le résultat attendu. Il faut ajouter d'ailleurs que ces corps existent en faible proportion dans l'huile de Cadet (1 à 2 pour 100).

La curieuse coloration du produit n'a pas été sans attirer notre attention. Nous avons constaté à ce propos qu'un contact avec l'air, même pendant un temps très court, comme le transvasement du liquide d'un récipient dans un autre, suffit à faire disparaître cette coloration (ceci donne une idée des précautions dont nous avons dû nous entourer dans toutes ces manipulations). Nous attribuons cette coloration à un phénomène de diffraction, analogue à celui que l'on invoque pour expliquer le bleu du ciel, ce qui implique l'existence d'une suspension de particules d'une ténuité extrême dans le liquide. Ces particules seraient constituées par un oxyde de l'arsine en question, lequel aurait pris naissance pendant la distillation dans le vide du produit. Par suite d'une oxydation plus importante, les premières particules seraient entraînées au fond du récipient, d'où la disparition de la coloration.

Néanmoins, nous avons conservé pendant plusieurs années des échantillons du liquide bleu, dans des récipients hermétiquement clos, à la lumière, sans observer de diminution dans l'intensité de leur coloration.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude stratigraphique des terrains tertiaires des régions caraïbes de la Colombie sud-américaine.* Note [1] de M. L. Joleaud.

Les terrains tertiaires de la Colombie, que j'ai étudiés en 1925-1926, n'avaient encore fait l'objet que d'une Note de H.-A. Pilsbry et A.-P. Brown [2], et de brèves remarques de T.-W. Vaughan [3], qui attribuaient : 1° à l'Éocène supérieur les couches à *Nummulites* et *Orthophragmina* de l'arroyo Hondo (Bolivar); 2° au Burdigalien-Helvétien, les formations fossilifères des Volcanitos et Cenizas de Carthagène, des Sierras de Zambrano et des environs d'Usciacuri; 3° à un Miocène indéterminé, les gisements de San Antonio (est de Tenerife).

Au cours de mes recherches, j'ai été frappé de l'étroite localisation d'une très grande espèce d'*Arca*, fort commune aux abords d'Usciacuri, *A.* (*Scapharca*) *grandis* Brod. et Sow. (= *A. patricia* Maury), déjà signalée par Vaughan [3] et Pilsbry [4]. Cette Arche se retrouve à Saint-Domingue, confinée dans l'horizon supérieur du groupe de Yaque et dans la formation des Montagnes de sel [5]. Le sommet du groupe de Yaque a été parallélisé avec un niveau assez élevé du Miocène moyen et la formation des Montagnes de sel avec le Tortonien, le Sarmatien ou le Pontien. Je pense que ce dépôt de sel est pontien et que les assises terminales du groupe de Yaque sont tortoniennes-sarmatiennes. Ainsi se retrouvent, au sommet du Miocène des Antilles, des sédiments lagunaires, comme en pays méditerranéen. D'autre part, *Arca grandis*, avec ses 130^{mm} de longueur, fait songer au gigantisme des faunes tortoniennes de Cucuron et Cabrières d'Aigues. De même, en Colombie, les marnes vertes avec gypses du Dificil (est de Plato), correspondent au Pontien, et les argiles à Arches géantes d'Usciacuri, au Tortonien-Sarmatien.

Les argiles plus anciennes de la région de Tenerife (San Antonio) renferment notamment : 1° *Arca* (*Scapharca*) *chiriquiensis* Gabb, déjà indiquée

---

(1) Séance du 18 juillet 1927.

(2) *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia*, 68, 1917, p. 32-41, pl. V-VI.

(3) *Bull. Un. Stat. Mus.*, 103, 1919, p. 587-589; *Spec. Publ. Bernice P. Bishop Mus.*, 7, 1921, p. 846-847, 865.

(4) *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia*, 72, 1921, p. 404.

(5) T.-W. Vaughan et W.-P. Woodring, *A geological reconnaissance of the Dominican Republic*, 1921, p. 102, 164.

dubitativement par Vaughan et considérée comme caractéristique des formations de Thomonde et de Las Cahobas [Burdigalien moyen et supérieur de Haïti ([1])]; 2° *Turritella tornata* Guppy, qui, signalée par Pilsbry et Brown aux environs de Carthagène, a été trouvée originellement à Cumana (Venezuela) et reconnue depuis à la Trinité, à la Martinique [avec *Lepidocyclina Giraudi* R. Douvillé ([2]) du Burdigalien], enfin à Saint-Domingue (niveau de Gurabo). *Arca chiriquensis*, *Turritella tornata* classent la formation de San Antonio dans le Burdigalien, avec les couches fossilifères de Carthagène.

Ces dernières ont été comparées par Vaughan au système de Gatun. Cependant cet horizon de Panama a été considéré comme antérieur aux riches faunes de Saint-Domingue par Pilsbry et Brown ([3]), et par M. Cossmann ([4]). D'ailleurs, *T. tornata* est représentée à Gatun par *T. altilira* Conrad, qui existe déjà dans la formation subordonnée de Culebra, à *Lepidocyclina* de l'Aquitanien ([5]). Le système de Gatun correspond donc, soit à l'Aquitanien supérieur, soit au Burdigalien inférieur, soit à ces deux sous-étages. Aux mêmes horizons se rapportent : 1° les strates fossilifères des Sierras de Zambrano, où Vaughan indique précisément *T. altilira* et d'autres fossiles de Gatun; 2° les grès de Heredia, qui, subordonnés vers le Nord aux argiles de Tenerife, se raccordent aux formations des collines de l'ouest de Zambrano.

Une coupe de ces reliefs, publiée récemment par F.-M. Anderson ([6]), indique, sous 600^{m} d'argiles miocènes, l'Oligocène à San Jacinto et San Juan, puis les conglomérats sableux de l'Éocène, vers Carmen de Bolivar. Ceux-ci ont été depuis reconnus par A. Werenfels ([7]) comme passant vers le haut, sur l'autre versant des Monts de Marie, près de Toluviejo, à des calcaires à *Helicolepidina spiralis*, *Lepidocyclina* (*Isolepidina*) *sp.*, *Nummulites sp.* J'ai retrouvé les mêmes calcaires à Los Perdices, pointant au milieu des argiles de Puerto Colombia et de Tubara; j'ai rapporté celles-ci au

---

([1]) W.-P. Wodring, J.-S. Brown et W.-S. Burbank, *Géologie de la République d'Haïti*, 1924, p. 112, 191, 208, 213, 222, 223.

([2]) *Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, 7, 1907, p. 307.

([3]) *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia*, 62, 1911, p. 337.

([4]) *Journ. Conchyl.*, 61, 1913, p. 3.

([5]) H. Douvillé, *C. R. Soc. Géol. France*, 1915, p. 129

([6]) *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 10, 1926, p. 382-404.

([7]) *Ecl. Geol. Helvetiæ*, 20, 1926, p. 79-83.

Miocène supérieur (horizon d'Usciacuri) et A.-H. Garner [1] a formulé tout récemment la même opinion.

En résumé, le Tertiaire marin fossilifère de la Colombie caraïbe comprend : 1° les calcaires de Toluviejo à *Helicolepidina spiralis* (Priabonien); 2° les grès de Zambrano (Las Sierras) à *Turritella altilira* (Aquitanien ou Burdigalien); 3° les argiles de Tenerife (San Antonio) et de Carthagène (Turbaco) à *Arca chiriquiensis* et *Turritella tornata* (Burdigalien); 4° les argiles d'Usciacuti à *Arca grandis* (Tortonien-Sarmatien). Au Pliocène marin correspondent les sables de Sabanalarga et Galapa et au Pliocène récent ou au Quaternaire ancien ou moyen continental, les dépôts à *Megatherium* et *Mastodon* de Tenerife (Chivolo) [2] et du pourtour de la cienaga de Guajaro (Atlantique).

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des couches à phosphate dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc occidental)*. Note [3] de M. **Léon Moret**, présentée par M. Pierre Termier.

Les reconnaissances de A. Brives et les recherches ultérieures de J. Savornin ont démontré l'existence des couches à phosphate sur presque toute la lisière nord du Haut-Atlas entre Imi n'Tanout et la région d'el Tléta dans les Mesfioua.

Au cours d'une mission géologique de quelques mois effectuée l'été dernier dans le Haut-Atlas de Marrakech, l'étude de ces bassins phosphatés pré-atlasiques, dont la répartition est d'ailleurs sommairement indiquée sur la précieuse carte du Maroc de L. Gentil, m'a permis de faire quelques observations nouvelles quant à leur extension et à leur constitution.

Les couches phosphatées sont bien représentées à Imi n'Tanout, à Amismiz [4], sur la bordure occidentale du plateau de Kik entre l'oued Nfis et Aguergour et sur le plateau lui-même, à Tahanaout, à Dar Caïd

---

(1) *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **11**, 1927, p. 151-156.

(2) E. Beck, *Economic Geology*, **16**, 1921, p. 457-473.

(3) Séance du 10 octobre 1927.

(4) Les phosphates d'Amismiz sont connus des colons de la région qui s'en servent directement, et avec succès, pour amender leurs terres siliceuses; mais il est probable que c'est surtout le calcaire qui agit dans ce cas. Toutes les localites citées dans cette Note sont portées sur la carte du Maroc au $\frac{1}{200000}$ publiée par le Service géographique de l'Armée (feuilles *Marrakech-Sud*).

Ouriki d'où elles affleurent jusqu'à Tiidrine, point où l'allure synclinale des collines de Tarenboucht les fait s'infléchir vers Ouanina; enfin, on les retrouve plus au Nord-Est couronnant les petites buttes-témoins des environs de Taferiat. Tous ces affleurements, parfois très réduits et isolés par des failles, tels ceux d'Amismiz et de Tahanaout, sont formés de couches plus ou moins redressées, ils devaient recouvrir uniformément ce flanc septentrional de l'Atlas; j'ai pu préciser leurs conditions de gisement.

Mais, chose importante, *les couches à phosphate existent jusque dans l'intérieur du massif* et en des points où elles n'avaient pas encore été signalées. C'est ainsi qu'au sud-ouest d'Amismiz, aux abords du village de Médinet, nous avons constaté, Ed. Roch et moi, d'importants amas de couches à phosphate subhorizontales coiffant, à plus de 2000^{m} d'altitude, les hauts plateaux crétacés qui buttent par faille contre les schistes paléozoïques du massif central de l'Atlas. De même, je les ai retrouvées au djebel Ouzdine et au centre du large synclinal d'Irir n'Sebt, témoignant ainsi d'une extension insoupçonnée jusqu'ici.

La constitution de ces affleurements est, *grosso modo*, la suivante : les couches à phosphate sont presque partout transgressives sur le Sénonien (grès jaunes et marnes rouges et vertes à gypse). Elles débutent par des calcaires souvent conglomératiques à la base et dans lesquels j'ai toujours recueilli de nombreux fossiles silicifiés, Thersitées, Turritelles, Cérithes, Cardites, Huîtres; puis viennent les couches phosphatées, grises, sableuses, à débris d'ossements, dents de Poissons, Ostracés; enfin la série se termine par des calcaires à silex rubannés blonds ou noirs, avec Cérithes, que recouvrent, mais seulement en bordure de l'Atlas, les marnes à gypses et conglomérats oligocènes. Toutes ces couches fournissent les gros Nautiles éocènes.

Les bancs à grains de phosphate sont donc ici nettement superposés aux calcaires à Thersitées. Or, à Imi n'Tanout, les bancs phosphatés sont au-dessous de ces calcaires comme cela existe dans la région d'oued Zem et de Melgou. Les travaux de L. Joleaud, de Ch. Depéret et P. Russo ont en effet montré que la série phosphatée de cette région classique se décomposait en deux complexes, le complexe inférieur phosphaté d'âge surtout crétacé supérieur, et le complexe supérieur stérile, éocène, dont la partie inférieure est constituée par les calcaires à Thersitées transgressifs sur le premier complexe.

Il en résulte que les couches à phosphate de l'Atlas peuvent être interprétées comme des dépôts côtiers extrêmes d'une mer dont la transgression

s'opérait non seulement d'Ouest en Est, mais aussi du Nord vers le Sud, et que la phosphatisation s'est ici prolongée pendant l'Éocène et après le dépôt des couches à Thersitées. L'Atlas, déjà esquissé, formait probablement à cette époque la bordure méridionale de la grande mer des phosphates, si largement développée vers le Nord et dont une digitation pénétrait, au Sud, dans le Sous, ainsi que le suggèrent les lambeaux phosphatés récemment découverts.

GÉOLOGIE. — *Sur la fréquence des murs dolomitiques aux gîtes de bauxite.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Pierre Termier.

Les bauxites de la France méridionale se groupent en deux complexes dont l'un, de l'Hérault, des Bouches-du-Rhône et du Var, est d'âge post-Aptien, tandis que l'autre, de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales, est d'âge anté-Aptien.

Quel que soit l'âge de ces gîtes de bauxite, il est extrêmement fréquent que les murs en soient dolomitiques. Les dolomies jurassiques forment une grande partie des murs des gîtes du Var, de l'Hérault et de l'Ariège. Dans l'Hérault, même, on trouve des murs de dolomies liasiques et infraliasiques.

Ce fait *étonnant* demande une explication.

La bauxite procède d'argiles de décalcification qui ont évolué sous des influences climatiques particulières.

Il faut se représenter la décalcification comme le résultat d'actions dues à un drainage souterrain dont le « travail » s'est fait nécessairement à partir d'un certain niveau. Ce niveau correspond à une surface sur laquelle les eaux n'ont pas ou ont eu peu d'actions de dissolution, dissolution étant entendue dans un sens large.

Si des calcaires sont superposés à des dolomies, le niveau dont il s'agit sera la surface de contact des deux formations, contre laquelle il y aura arrêt des actions de dissolution ou tout au moins ralentissement de celles-ci puisque les dolomies sont, on le sait bien, moins « solubles » que les calcaires.

Dans la superposition envisagée, le mur des bauxites atteindra les dolomies avec une certaine vitesse et ne se propagera dans celles-ci qu'avec une vitesse beaucoup plus lente.

Que la formation des bauxites ait donc eu lieu après l'Aptien ou avant

cette période, le mur des gîtes tendra à atteindre un niveau dolomitique et s'y maintiendra longtemps.

Il est bien clair que ce niveau dolomitique doit être au moins aussi élevé que le niveau de base du travail général d'érosion, faute de quoi il ne serait pas atteint. Les bauxites des Alpilles, en Provence, qui se firent aux dépens des calcaires barrémiens ou hauteriviens, n'ont pas touché le Jurassique dolomitique, soit parce que celui-ci fut, dans le temps de la formation des bauxites, sous le niveau d'érosion, soit parce qu'il y fut placé lors de l'invasion de la région par les eaux avant que les actions éluviales ne l'aient attaqué.

Il est clair encore qu'il faut, pour que les dolomies soient atteintes au travers d'une forte masse de calcaires, un temps suffisant. Ainsi les bauxites de la région de Barjols (nord du Var) se maintiennent-elles dans les calcaires superposés aux dolomies, comme font aussi les bauxites du Pays de Fenouillet. Mais on constate alors la grande irrégularité des murs tendant à produire des gîtes en poches, le drainage étant nécessairement conduit par les fissures des calcaires et la décalcification se produisant à partir de celles-ci.

GÉOLOGIE. — *La structure du Turbon, du Cotiella et du Castillo-Mayor en Haut-Aragon.* Note de M. **Ch. Jacob**, présentée par M. Pierre Termier.

Des observations recueillies avec M. R. Ciry au cours des années précédentes à l'est de la Cinca ([1]), jointes à de nouvelles rassemblées à l'ouest de la rivière en août et septembre dernier avec M. Mengaud, me permettent de fournir une explication tectonique plus complète et plus claire que précédemment pour la structure des splendides montagnes calcaires du Haut-Aragon : Turbon, Cotiella et Castillo-Mayor.

Les traits fondamentaux de cette explication ([2]) sont les suivants :

1° Depuis loin à l'Est et jusqu'à la Cinca au moins vers l'Ouest, la série secondaire sudpyrénéenne est *décollée au niveau du Trias*. C'est une *couverture* au sens d'Argand. Cette couverture a glissé vers le Nord sur la zone axiale, dont la tectonique pyrénéenne est indépendante. Vers les abords du

([1]) Ces observations sont relatées dans un Mémoire présenté au Congrès de Madrid en 1926 et actuellement à l'impression.

([2]) Suivre sur la Carte militaire espagnole au $\frac{1}{200\,000}$, feuilles n°s 17 et 18.

Perdu, *où l'on ne trouve plus d'affleurement de Trias*, la série sudpyrénéenne, transgressive, s'incruste sur le Primaire par les calcaires à Hippurites de base; *elle n'est plus décollée*.

2° Depuis Gabas à l'est de l'Esera jusqu'au voisinage de Tella à l'ouest de la Cinca, *la couverture sudpyrénéenne est doublée* par suite d'un glissement supplémentaire vers le Nord.

Il en résulte une structure imbriquée, avec deux écailles dont la méridionale, débutant par du Trias, surmonte l'autre. A Gabas, l'accident naît dans les calcaires crétacés. A Tella, il finit dans les marnes nummulitiques. Une troisième écaille, débutant par de magnifiques brèches tectoniques, s'individualise au nord de Campo; mais elle est de peu d'étendue latérale et sans intérêt pour ce qui va suivre.

3° En glissant sur la zone axiale, la *couverture se retrousse vers le Sud* et tend à venir recouvrir les parties plus méridionales; dans le cas extrême ce retroussis déferle sur les dépôts nummulitiques du Synclinal de l'Aragon. Le reploiement porte soit sur la série simple, soit sur la série doublée. Il est simple aux deux ailes, tandis qu'il porte sur la série doublée entre l'Esera et la Cinca.

Avec les directives précédentes, on peut donner une sorte de définition de chaque massif.

Le Turbon est un repli simple de calcaires crétacés sur les marnes campaniennes et maestrichtiennes de Campo.

Le massif du Cotiella, repli de la série doublée, comprend deux choses : *a*. un repli de l'écaille supérieure, surtout admirablement net du côté de la Cinca, où l'ensemble se surélève vers le Nord-Ouest. Il comprend les calcaires blancs de la Peña Montañese et de la Peña del Solana, les calcaires crétacés du Cotiella proprement dit, du Fornos et de la Punta Llerga. Des charnières anticlinales ne laissent aucun doute sur ce retour au Sud. Le tout flotte sur les marnes et les grès nummulitiques d'Escalona et de Laspuña. *b*. Un repli de l'écaille inférieure, qui ébauche déjà un retour au Sud dans la Sierra de Chia, mais qui ramène probablement un vaste lambeau dans l'Angon, la Punta de Madrid, les hauts d'Armeña. Pour ce lambeau complexe, quels que soient ses terrains, ils reposent sur l'écaille précédente par l'intermédiaire de lambeaux de Trias, qui, de prime abord, m'ont bien déconcerté. Ce sont, tout naturellement aujourd'hui, des témoins retroussés du Trias de base de l'écaille supérieure qui se trouve ainsi encapuchonnée.

Le rocher de Tella, de même que le Castillo Mayor, dont M. Dalloni a noté il y a quelques années déjà la position anormale, sont deux lambeaux de

calcaires montiens, provenant sans doute de la prolongation vers le Nord de la Peña del Mediodia. Ils sont ramenés par un repli simple sur les marnes et les grès nummulitiques qui prolongent ceux du Perdu au nord du Sestrales.

BOTANIQUE. — *Remarques au sujet du verdissement des cellules végétales.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

Les Botanistes ont désigné et étudié sous le nom de verdissement la formation de la chlorophylle dans des conditions très diverses; plantes étiolées exposées à la lumière, cotylédons et hypocotyles de plantes en voie de germination, rameaux ou tubercules souterrains exposés à la lumière, etc.

Ces divers cas, réunis par le caractère commun de l'apparition du pigment vert antérieurement absent, sont en fait au point de vue cytophysiologique profondément différents. Chez les plantes étiolées, les processus du verdissement consistent essentiellement dans la formation de la chlorophylle à l'intérieur de plastes bien différenciés colorés en jaune, phénomène qui d'après les travaux connus semble uniquement chimique et que déclanche automatiquement l'action de la lumière.

Il n'en est pas de même dans le cas des tubercules de Pomme de terre; ces tubercules peuvent demeurer plusieurs mois après la récolte sans verdir, et le phénomène se déclanche à un moment dont ne dispose pas le physiologiste, lorsque les cellules, à la suite d'une lente évolution intérieure, ont acquis en quelque sorte la capacité correspondante. D'autre part il se manifeste non seulement par la coloration verte de l'écorce plastidale, mais encore par un accroissement qui peut être considérable de la masse de celle-ci.

Étudions enfin le verdissement d'un cotylédon de Haricot mis à germer à l'état sec sur le buvard humide la formation de la chlorophylle est ici liée au déclanchement amylogène d'unités plastidales *actives*; j'appelle plastes actifs les plastes capables, et plastes inactifs les plastes incapables, de verdir ou de produire de l'amidon quand les conditions physiologiques nécessaires à ces phénomènes sont intensément remplies autour d'eux dans la cellule; les unités plastidales actives sont issues de l'évolution, pendant l'hydrolyse, d'éléments demeurés *inactifs* pendant la synthèse, et dont le stroma, généralement incolore au début, développe ensuite le pigment chlorophyllien. Si au lieu d'un cotylédon sec on s'adresse à un cotylédon frais, le verdissement

pourra se faire en même temps suivant le type de la Pomme de terre pour les plastes amylifères et par évolution des unités plastidales actives précitées en plastes verts avec ou sans stage amylogène.

Il est possible de grouper ces trois derniers cas en un seul type caractérisé physiologiquement par l'accroissement de la masse du plaste et la formation de chlorophylle à son intérieur. Cette évolution à la fois chlorogène et plastogène, qui s'accomplit à partir de plastes *actifs*, constitue un mode de verdissement bien défini par les caractères cytophysiologiques précédents, dans lequel rentre la formation des plastes verts dans le méristème terminal de la tige par évolution de plastes incolores où déjà faiblement chlorophylliens. Ce type de verdissement nettement différent de celui des feuilles étiolées peut être désigné, puisqu'il aboutit à la formation des chloroplastes, sous le nom de *chloroplastogénèse*.

A la chloroplastogénèse ainsi définie s'oppose le phénomène de la *régression plastidale* qui ramène le chloroplaste à l'état primitif de plaste incolore par une évolution inverse comportant une réduction progressive de sa masse et la disparition lente de la chlorophylle. Ce phénomène de régression, observé pour la première fois par Emberger dans les sporanges de fougères, doit être distingué de la chlorolyse pure, qui consiste dans la simple destruction de la chlorophylle du plaste, telle qu'elle se produit par exemple dans beaucoup de plantes à l'obscurité.

Ainsi que le montre l'étude du verdissement du tubercule de Pomme de terre et des cotylédons mûrs, frais ou secs, de légumineuses, le développement chloroplastogène des plastes incolores *actifs* exige pour se manifester la réalisation dans la cellule de conditions physiologiques internes spéciales. Si, en remontant plus haut, on envisage les plastes incolores *inactifs* tels que ceux des cotylédons de légumineuses en croissance dans le fruit, leur verdissement exige à la fois ou successivement la réalisation des conditions physiologiques particulières propres au passage de ces éléments à l'activité ainsi que de celles nécessaires à la chloroplastogénèse.

Dans cet ordre d'idées, le déterminisme de la chloroplastogénèse peut être comparé à celui de l'amylogénèse qui exige pour les plastes actifs un taux de sucre supérieur au seuil de condensation et demande au surplus, pour les inactifs, la réalisation préalable des conditions physiologiques nécessaires à leur passage à l'activité. L'exemple des cotylédons des légumineuses en croissance dans le fruit, qui renferment au moins deux variétés de plastes inactifs (qui passent à l'activité et se développent en plastes amylifères, les uns à la fin de la synthèse, les autres pendant l'hydrolyse),

le fait que ces divers plastes même devenus actifs peuvent ne pas exercer leur activité amylogène ou chlorogène pendant toute l'évolution de la cellule (observations faites sur les graines de Pois ou de Fève dont les cotylédons ne forment souvent ni plastes amylifères tardifs pendant la synthèse ni plastes amylifères ou chlorophylliens pendant l'hydrolyse), l'hypothèse possible enfin que certains plastes peuvent demeurer inactifs pendant toute la vie de la cellule montrent combien est délicate l'interprétation de la valeur morphologique et du rôle des divers éléments du chondriome incolore de la cellule. Ces considérations font voir également que le fait pour les éléments de ce chondriome de ne pouvoir régénérer les chloroplastes détruits artificiellement (Borovikov) ne prouve rien au point de vue de l'autonomie des plastes, puisque ce chondriome incolore peut parfaitement renfermer des unités appartenant soit aux plastes actifs, soit aux plastes inactifs, soit à ces deux catégories, qui n'évoluent pas en chloroplastes parce que les conditions physiologistes spéciales qui leur seraient nécessaires ne sont pas réalisées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'action du temps et de l'intensité dans l'effet des irradiations X sur des graines germées.* Note [1] de Mlle **Suzanne Ancel**, présentée par M. Guignard.

Matoni [2], expérimentant sur des Fèves (*Vicia faba*), est arrivé à cette conclusion que, lorsqu'on augmente le temps d'irradiation en diminuant l'intensité du rayonnement X, la dose restant constante, l'effet biologique diminue. L'auteur conclut que la loi de Bunsen : l'effet de la lumière est le même pour un produit temps × intensité constant, n'est pas valable en ce qui concerne les rayons X.

Glocker, Rothacker et Schönleber [3] ont au contraire trouvé que cette loi était applicable et pour des intensités variant de 1 à 10. Leurs expériences ont porté sur *Vicia faba*.

Mes recherches ont été faites aussi sur des graines germées. Pour expérimenter, j'ai choisi la Lentille, qui m'a paru être le meilleur objet à la

---

(1) Séance du 10 octobre 1927.

(2) Matoni, *Die Abhängigkeit der Stärke der biologischen Wirkung von der Intensität der Röntgenstrahlen bei gleiche Dosis* (*Strahlentherapie*, **18**, II, 1924, p. 375).

(3) Glocker, Rothacker et Schönleber, *Neue Methoden zur Messung der Tiefendosis in Wasserphantom* (*Strahlentherapie*, **14**, II, 1922, p. 389).

suite d'études que je poursuis depuis plusieurs années. J'ai fait varier l'intensité du rayonnement reçu par les plantes de deux façons : je changeais l'intensité du rayonnement en variant la distance objet anticathode ou bien je modifiais l'intensité du rayonnement en augmentant ou diminuant l'ampérage. L'appareil dont je me suis servi est un appareil à bobine avec tube Coolidge. Étincelle équivalente : 23^{cm}. Irradiation faite sans filtre. Les doses de rayons ont été mesurées à l'ionomètre de Solomon pendant l'irradiation. Les résultats des expériences ont été très nets.

Je donnerai en exemple une expérience de la première série. Elle comprend un lot irradié à 40^{cm} et un lot irradié à 20^{cm}. L'irradiation est faite au stade de 10^{mm} de longueur de racine; 14 jours après l'irradiation, on mesure les racines de chaque lot et l'on établit les moyennes, soit : témoins, 104^{mm},58; irradiés à 20^{cm}, 41^{mm},68; irradiés à 40^{cm}, 51^{mm},76. En ramenant la croissance des témoins à 100^{mm}, on trouve que la taille des irradiés à 20^{cm} est de 39^{mm},95 et celle des irradiés à 40^{cm}, 49^{mm},45. La différence est de 9^{mm},54. Elle traduit pour 100 la croissance plus grande des irradiés à 40^{cm} et indique la perte due à l'étalement de la dose dans le temps.

Dans toutes mes expériences faites à des stades variant de 2 à 15^{mm}, j'ai trouvé des résultats de même sens. Les pertes dues à l'étalement, la distance objet anticathode variant de 20 à 40^{cm}, ont été de 10,33; 9,54; 17,32; 13,03; 6,07; 9,21. Dans des expériences faites en variant la distance de 20^{cm} à 80^{cm}, j'ai obtenu des différences de : 21,89; 12,28; 19,04; 18,33. On remarque que, plus une dose est élevée, plus la perte est grande. Une même expérience, dans laquelle deux doses différentes (200 et 400 R) ont été étalées de façon semblable, donne en effet, pour l'étalement de 400 R, une différence de 19,04 et pour l'étalement de 200 R une différence de 4,51.

Les variations d'intensité obtenues sans modifier la distance objet anticathode, mais en agissant sur le milliampérage, m'ont donné les mêmes résultats : plus le temps d'irradiation est long, moins l'effet des rayons se fait sentir sur les graines. Les irradiations ont été faites d'une part avec 0,3 milliampère, d'autre part avec 3 milliampères. Les différences obtenues, calculées comme précédemment ont été de : 19,07; 8,71; 9,46; 14,12; 7,87.

Dans les conditions de mes expériences, et pour une dose égale de rayons X, l'augmentation du temps d'irradiation avec diminution de l'intensité se traduit donc par une très nette et très constante diminution de l'effet des rayons.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Formation de tubercules aériens de Topinambour sans greffage*. Note de M. **R. Franquet**, présentée par M. L. Mangin.

En 1921 M. Daniel constatait la présence de tubercules aériens sur la tige de Topinambours greffés sur Soleil annuel. *Jamais jusqu'ici*, notait cet auteur, *la tuberculisation aérienne du Topinambour n'a été constatée en dehors du greffage* (1).

On sait que de tels tubercules apparaissent souvent chez la Pomme de terre greffée sur diverses Solanées (2). Il semble bien que cette tubérisation des bourgeons axillaires soit due à l'obstacle plus ou moins considérable opposé par le bourrelet à la descente des réserves, plutôt qu'à la nature même du porte-greffe. Autrement il est difficile d'expliquer comment des tubercules aériens se forment sur la Pomme de terre, qu'elle soit greffée sur des *Solanum* tubérifères (*S. Maglia*, *S. Commersonii*) ou entée sur des Solanées sans tubercule (Tomate).

Du reste il n'est pas exceptionnel de rencontrer dans les cultures des plants de Pomme de terre porteurs de tubercules aériens par suite, vraisemblablement, de quelque traumatisme accidentel (3).

Il était simple d'essayer de provoquer des phénomènes du même ordre en pratiquant une ligature à la base des tiges jeunes encore.

De fait, dès la fin de septembre, deux plants de Pomme de terre et un pied de Topinambour (*fig.* 1 et 2) que j'avais traités ainsi, portaient des tubercules aériens. Le cas de l'*Helianthus tuberosus* était particulièrement intéressant puisque sa tuberculisation aérienne n'a pas encore été observée en dehors du greffage.

Le tableau suivant donne le pourcentage en glucides des différentes parties du Topinambour ligaturé et d'un témoin venu normalement.

---

(1) L. Daniel, *Hérédité d'un caractère acquis par greffe chez le Topinambour* (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1451).

(2) L. Daniel, *Le greffage, sa théorie et ses applications* (*Bulletin des Recherches et Inventions*, Paris, 1921, p. 354, 385, 450, 518, 577 et 664).

(3) E. Griffon, *Greffage et hybridation asexuelle* (*Comptes rendus de la IVe conférence internationale de Génétique*, Paris, 1913, p. 164).

Organes analysés.		Glucides pour 100 du poids frais.			
		Sucre total.	Réducteur.	Saccharose.	Inuline.
Tige, partie supérieure	ligaturée..	8,92	1,53	1,38	6,01
	normale...	7,96	1,33	1,78	4,85
Tige, partie inférieure	ligaturée..	9,59	1,65	2,93	5,01
	normale...	4,77	0,52	0,44	3,81
Tige en dessous de la ligature......		0,42	0,20	–	–
Tubercules	aériens..............	14,47	0,36	1,74	12,37
	souterrains...........	11,80	traces	1,37	10,43

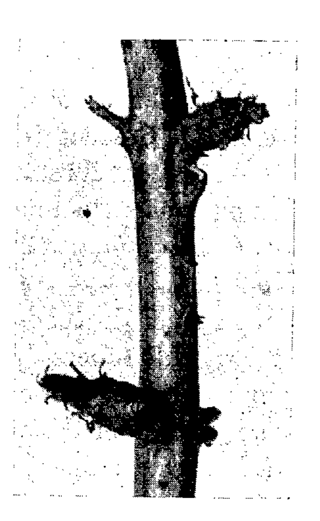


Fig. 1.

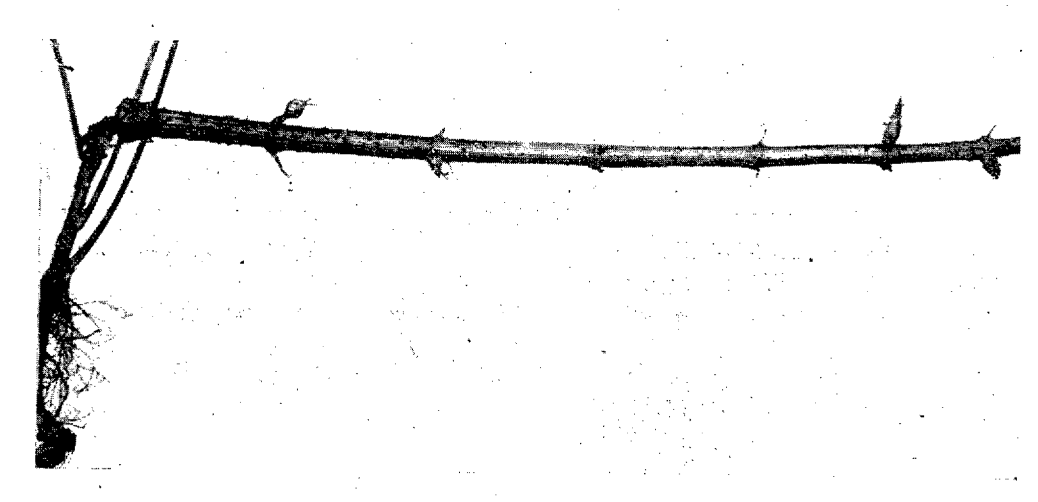


Fig. 2.

Comme il était à prévoir, la teneur en sucre total et en inuline de la tige ligaturée est nettement supérieure à celle de la tige témoin.

Une accumulation semblable de sucres se produit souvent dans l'épibiote de diverses greffes. Ce phénomène donne généralement lieu à une condensation prématurée ou inusitée dans les plantes autonomes, des sucres solubles en glucides à grosse molécule : amidon, inuline (¹).

Cette similitude des conséquences de la ligature annulaire et du greffage fait ressortir, une fois de plus, l'effet du bourrelet chez les plantes greffées.

ENTOMOLOGIE. — *Présence de* Chrysomyia albiceps *Wied.* (*Mouche du Ver, épineux de la laine des moutons australiens*) *sur la Côte du Calvados*. Note de M. **L. Mercier**, présentée par M. P. Marchal.

Chrysomya albiceps Wied. (Myodaire supérieur, *Calliphorinæ*) est un Diptère qui, par sa taille, par sa coloration, son comportement, se rapproche au prime abord de certaines espèces du genre *Lucilia*. D'ailleurs, dans le mémoire de Stein (1924) (²) sur les Tachinides les deux genres voisinent (p. 262 et 263). Le genre *Chrysomyia* R. D. a pour synonymes *Compsomyia* Roud., *Pycnosoma* Br. Berg, *Paracompsomyia* Hough; il appartient au groupe des *Calliphorinæ* qui ont le rameau basal antérieur de l'aile cilié.

Récemment, W. S. Patton (1922) (³) a fait une étude magistrale de *C. albiceps*. En particulier, il identifie cette espèce à *C. rufifacies* Froggatt dont les larves « *hairy maggots* » abondent, surtout depuis 1905, dans les laines brutes des Moutons australiens. Or Patton avait eu l'occasion d'étudier *C. albiceps* en Mésopotamie et dans l'Inde (district de Coonoor); il

(¹) C'est ainsi par exemple que dans le Lis blanc greffé sur lui-même l'épibiote est bourré d'amidon (L. Daniel, *Bulletin des Recherches et Inventions*, nº 20, 1921, p. 365) De même les rameaux d'*Helianthus* vivaces et d'*Aster* entés sur Absinthe sont gorgés d'inuline [H. Colin et R. Franquet, *Greffes d'*Helianthus *à inuline sur Soleil annuel et diverses Composées* (*Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle*, 29, 1923, p. 119); *La migration de l'inuline dans les greffes de Composées* (*Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 518)].

(²) P. Stein, *Die verbreitetsten Tachiniden Mitteleuropas nach ihren Gattungen und Arten* (*Arch. f. Naturgesch.*, 90 A, vi, 1924, p. 1).

(³) W. S. Patton, *Some notes on indian Calliphorinae.* Part IV : *Chrysomyia albiceps* Wied. (*rufifacies* Froggatt); *one of the australian Sheep maggot Flies and Chrysomyia Villeneuvii sp. nov.* (*The indian Journal of medical Research*), 9, iii, 1922, p. 561).

avait constaté que dans ces contrées, les larves de ce Diptère, aux deuxième et troisième stades, se nourrissent de larves d'autres Calliphorines : *Musca determinata*, *M. humilis*, *Chrysomyia megacephala*, *C. nigriceps*, *Lucilia craggii*. Aussi, il est vraisemblable d'admettre, qu'en Australie, les larves de *C. albiceps* se sont nourries tout d'abord des larves de Diptères vivant dans la laine des Moutons (*Calliphora oceaniæ*, *C. villosa*). Mais *C. albiceps* étant devenu prépondérant, il est possible que la nourriture habituelle des larves ait fait défaut et qu'elles se soient adaptées à manger les détritus qui souillent les laines brutes. Cette adaptation à une nourriture différente rentrerait dans le cadre du phénomène biologique auquel Giard (1905) (1) a donné le nom d'*allotrophie*.

C. albiceps (= *bibula*, Wied., = *flaviceps*, Macq., Pand., etc.) est une espèce à large distribution géographique. Elle est répandue dans la région circaméditerranéenne, sur le continent africain (Soudan : Dr J. Villeneuve, 1922) (2), les Indes Orientales, l'Australie. Stein (*loc. cit.*) le signale d'Espagne (Czerny) et d'Égypte (Becker). Des espèces affines existent dans le Nouveau Monde ; elles s'éloignent du genre *Chrysomyia s. str.* par le cuilleron thoracique à disque nu, par le thorax généralement rayé de bandes noires longitudinales et par les soies sternopleurales qui tendent vers $2 + 1$; Townsend a créé pour elles le genre *Cochliomyia* Town. (1915).

En France, *C. albiceps* existe tout le long de la côte méditerranéenne ; sa limite la plus septentrionale, connue jusqu'à présent, était la région de Saint-Affrique (Aveyron), d'où un exemplaire capturé par Rabaud en 1908 avait été soumis au Dr J. Villeneuve.

Or, j'ai eu l'occasion de constater, au cours de ces deux dernières années, que cette espèce existe beaucoup plus au nord. En effet, le 6 septembre 1926, j'ai capturé une femelle de *C. albiceps* sur les vitres du Laboratoire maritime de Luc-sur-Mer ; en septembre 1927 (2 et 16 septembre) j'ai capturé deux mâles volant à la surface d'un fumier situé dans une dépendance du Laboratoire. Ces mâles étaient en compagnie de *Lucilia* (*L. cæsar* L., *L. sericata* Meig., *L. silvarum* Meig., *L. simulatrix* Pand.), de *Calliphora erythrocephala* Meig., de *Cynomyia mortuorum* L., de *Sarcophaga*, etc.

L'existence de *C. albiceps* sur la côte du Calvados pose une question de

---

(1) A. Giard, *L'adaptation locale d'*Abraxas grossulariata *L. au Fusain du Japon* (*Feuille des Jeunes Nat*, 4e série, **35**, 1905, p. 130).

(2) Dr J Villeneuve, *Myodaires supérieurs du Soudan, communiqués par M. le Prof. Rich. Ebner de Vienne* (*Rev. zool. africaine*, **10**, 1, 1922, p. 62).

biogéographie difficile à résoudre car plusieurs hypothèses peuvent être envisagées.

Ou bien des larves, des pupes, ont été apportées dans des laines provenant d'Australie, d'Afrique et déposées dans les entrepôts d'un de nos ports, le Havre par exemple. De ce port, les adultes ont pu facilement se disperser le long de la côte, entraînés par les vents (Dr J. Villeneuve, 1925) (1).

Ou bien *C. albiceps* fait partie d'une faune méridionale résiduelle et doit prendre place à côté de la Limace *Geomaculus maculosus* Allm., du Coléoptère *Cathormiocerus socius* Boh., de Diptères tels que : *Lucina fasciata* Meig., *Pelina niteus* Lw., *Parydra pubera* Lw., *Rhienoëssa strobliana* Merc., *Sciopus validus* Lw., *Dolichopus andalusiacus* Strobl., etc. Ces espèces sont pour la région du nord-ouest de la France ce que des représentants de la faune septentrionale sont pour l'Afrique du Nord (P. de Peyerimhoff, J. Pellegrin).

Quoi qu'il en soit de l'une ou de l'autre de ces deux hypothèses, un fait reste : *C. albiceps* existe dans la région normande; mais étant donnée la rareté de l'espèce nous n'avons pas à craindre, je crois, qu'elle devienne un danger pour nos laines indigènes.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Études de microdissection sur le cartilage d'accroissement des os.* Note de M. **A. Policard**, présentée par M. F. Mesnil.

Le cartilage d'accroissement subit au cours de son évolution une série de transformations dont les histologistes ont depuis longtemps décrit les aspects sur des coupes fixées et colorées. Mais ce sont là des aspects cadavériques, obtenus sur des tissus modifiés profondément. On connaît beaucoup moins les caractères de ces transformations sur les tissus vivants. Le cartilage d'accroissement a été peu étudié sur des pièces fraîches. Dans cet ordre de recherches, on doit citer les colorations vitales réalisées en particulier par Renaut et Dubreuil.

Or, aujourd'hui, le perfectionnement de l'outillage permet de réaliser sous le microscope une véritable dissection de tissus ou de cellules vivantes

(1) Dr J. Villeneuve, *Les Mouches qui voyagent* (*Assoc. franç. Avanc. des Sciences, Grenoble*, 1925, p. 413).

(micromanipulateurs de Chambers ou de Peterfi). Par ces méthodes, il est possible de se rendre compte de la résistance, de la ténacité, de l'élasticité, etc. des diverses parties constituantes des tissus. Les renseignements fournis sont particulièrement précieux parce qu'ils concernent les propriétés physiques des tissus, si importantes au point de vue physiologique.

C'est l'étude par microdissection du cartilage d'accroissement vivant qui fera l'objet de cette Note. Cette étude a porté sur des coupes par congélation de cartilage de conjugaison des extrémités supérieures du tibia et inférieure du fémur, chez des Rats blancs de 1 mois environ. A titre de comparaison, a été examiné également, avec la même technique, le cartilage d'accroissement du tibia d'un nouveau-né normal; mais ici, il s'agissait de pièces coagulées par le formol isotonique, non de tissus vivants.

L'appareil employé était le micromanipulateur de Peterfi-Zeiss, équipé avec une aiguille de verre, faite suivant le mode habituel et d'un diamètre de 10 à 12^{μ} environ. Très longue et flexible, cette aiguille renseigne par sa flexion plus ou moins accentuée sur la résistance des tissus sur lesquels on la pousse. Le degré de flexion donne une idée sur le degré de la pression exercée.

Dans toute l'étendue du cartilage d'accroissement, les cellules se comportent comme des fluides. L'aiguille, en les traversant, ne rencontre aucune résistance appréciable. Au contraire, la substance fondamentale cartilagineuse s'oppose partout à la pénétration de l'aiguille. Mais sa résistance n'est pas partout identique.

Dans les parties du cartilage qui ne montrent pas de fascicules de fibrilles collagènes (révélables par la lumière polarisée), la substance fondamentale résiste d'une façon à peu près identique, quel que soit le sens d'attaque de l'aiguille. Partout, d'une même façon, l'aiguille butte contre elle et ploie. En accentuant la pression, à un moment donné, l'aiguille s'enfonce cependant. On a l'impression qu'en tous les points du cartilage hyalin et dans la plus grande partie du cartilage sérié, la consistance de la substance fondamentale est semblable.

Dans la partie inférieure du cartilage sérié et dans le cartilage dit hypertrophié, il en est tout autrement. En dehors des cellules, dans lesquelles l'aiguille s'enfonce comme dans un liquide, la substance fondamentale comprend deux parties de comportement différent. Dans les parties de substance fondamentale qui renferment un feutrage de fibrilles collagènes disposées en fascicules perpendiculaires à la ligne d'ossification (travées

intercorpusculaires), on note une consistance forte. Les travées sont très résistantes. Quand on imprime à l'une d'elles des secousses saccadées, on déplace toutes les travées voisines. On saisit très bien que tout leur système est solidaire.

Au contraire, la substance fondamentale qui forme la masse des groupes cellulaires ou corpuscules cartilagineux est moins résistante. En lui imprimant des pressions saccadées, on ne déforme que cette substance centrale du corpuscule, et non les travées voisines ou les parties centrales des autres corpuscules.

En essayant d'arracher et de disloquer la substance fondamentale, en poussant en sens convenable les lamelles osseuses, on déchire assez facilement la substance qui remplit le corpuscule cartilagineux, très difficilement au contraire les travées qui apparaissent comme des zones d'une grande ténacité.

On admet classiquement que les cellules cartilagineuses exercent une action chondrolytique sur la substance fondamentale qui les entoure, si bien qu'à la partie inférieure du cartilage hypertrophié, les cellules sont renfermées dans une cavité pleine de liquide facilement ouverte et envahie par le tissu conjonctivo-vasculaire venu de la moelle.

Les recherches de microdissection donnent des résultats difficilement conciliables avec cette conception. La substance fondamentale, autour de la cellule, ne paraît jamais liquéfiée. Elle paraît demeurer toujours résistante. Contre elle, même à la partie inférieure du cartilage hypertrophié, l'aiguille bute et ploie.

En étudiant de la même façon des coupes laissées pendant 3 jours à 20°, les résultats sont les mêmes. L'autolyse elle-même n'amène pas de liquéfaction de la substance fondamentale, ce qui est peu en faveur d'une action chondrolytique de type habituel par la cellule du cartilage hypertrophié.

Ces faits, faciles à observer, sont évidemment difficiles à accorder avec certains points de la conception actuellement régnante sur le fonctionnement du cartilage d'accroissement des os. Ils montrent que le problème est infiniment plus complexe qu'on ne l'a cru jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Sur une combinaison mercurique de l'acide allantoïque, permettant d'identifier cet uréide dans le légume vert de* Phaseolus vulgaris. Note [1] de MM. **R. Fosse** et **A. Hieulle**, présentée par M. Émile Roux.

1. Dans le but d'établir une deuxième méthode d'identification de l'acide allantoïque, ne nécessitant pas, comme la première [2], la cristallisation de l'acide dixanthyl-allantoïque dans la pyridine, qui offre des inconvénients, nous avons soumis à de nombreuses analyses le précipité que provoque l'acétate mercurique dans les solutions de ce principe azoté des végétaux [3]. Pendant fort longtemps, un corps de composition constante n'a pu être saisi.

Très rares sont, d'ailleurs, les précipités mercuri-organiques, qui permettent de baser l'identification du copule organique sur l'analyse quantitative élémentaire.

Après nombre d'essais infructueux, la formation d'une combinaison définie, caractéristique a pu enfin être réalisée.

Ce nouveau composé de l'acide allantoïque se présente, au microscope, sous la forme de cristaux réunis en houppes, ainsi qu'en témoigne la photographie ci-jointe.

Il résulte de l'union de deux molécules d'acide allantoïque à une molécule d'oxyde mercurique :

$$2\,\begin{matrix}NH^2.CO.NH\\NH^2.CO.NH\end{matrix}\!\!>CH.COOH + HgO.$$

Sa formule est donc la même que celle de l'allantoate de mercure inconnu, avec une molécule d'eau en plus :

$$\left[\begin{matrix}NH^2.CO.NH\\NH^2.CO.NH\end{matrix}\!\!>CH.COO\right]^2 Hg + H^2O.$$

2. *Préparation de l'allantoate de mercure, cristallisé, pur à l'analyse.* —

(1) Séance du 10 octobre 1927.

(2) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 869. — R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1596.

(3) R. Fosse, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1114.

De l'allantoate de potassium ($0^g,1$), dissous dans de l'acide nitrique N/10 préalablement refroidi (20^{cm^3}), reçoit, entouré de glace, goutte à goutte, en agitant, du nitrate acide de mercure froid (15 gouttes), obtenu en dissolvant du nitrate mercurique (20^g) dans de l'eau (90^{cm^3}) et de l'acide nitrique (10^{cm^3}).



Grossissement de 900 diamètres.

Après 30 minutes, le dépôt cristallin, blanc et lourd, essoré, lavé avec très peu d'acide nitrique N/10 refroidi, puis successivement à l'alcool et à l'éther, est séché à 50°.

Analyses. — N pour 100 : trouvé 19,62 ; 19,59. — Hg pour 100 : 35,06 ; 35,01. Théorie pour $HgO + 2.[NH^2.CO.NH]^2CH.CO^2H$: N = 19,71 ; Hg = 35,21.

3. *Préparation de l'allantoate de mercure en partant de l'acide dixanthyl-allantoïque.* — Dans un tube à centrifuger Pyrex, refroidi par un mélange de glace et sel, contenant de l'acide dixanthyl-allantoïque, brut, sec, finement pulvérisé (2^{dg}), recouvert d'éther absolu ($2^{cm^3},3$), on introduit peu à peu, en triturant, de l'alcool absolu saturé de gaz HCl (40 gouttes). On ajoute de l'éther (15^{cm^3}), on triture et l'on centrifuge. Après trois traitements semblables à l'éther, le résidu est broyé avec de l'eau glacée (3^{cm^3}) et de la potasse N/10 jusqu'à réaction alcaline à la phtaléine. Après centrifugation, filtration et refroidissement, la liqueur reçoit 6 gouttes d'acide

nitrique N/1, puis quelques gouttes de la solution de nitrate mercurique. Le précipité, essoré, lavé avec NO^3H N/10 froid puis à l'alcool absolu et à l'éther, séché à 50°, donne à l'analyse les résultats suivants :

Analyse. — N pour 100 : trouvé, 19,62 ; théorie, 19,71.

4. *Préparation de l'allantoate de mercure en partant de l'acide dixanthylallantoïque précipité du suc de haricot vert.* — Le suc d'expression de ce légume vert, frais, provenant de la plante préalablement refroidie et broyée, légèrement alcalinisé par du carbonate de soude, est chauffé quelques minutes au bain-marie bouillant afin de détruire les ferments et de coaguler les protides. Le filtrat refroidi reçoit son volume d'acide acétique et du xanthydrol méthylique à 1/10, dans la proportion de 2,5 pour 100 du volume total. Après une nuit à la glacière, le dépôt est essoré, lavé et séché à 50°.

En soumettant à l'expérience 3 ce produit brut (2 décigrammes), on isole l'allantoate de mercure pur.

Analyse. — N pour 100 : trouvé, 19,57 ; théorie, 19,71.

La séance est levée à 15h50m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 octobre 1927.)

Note de M. *H. Deslandres*, Loi de distribution des orages magnétiques et de leurs éléments. Conséquences à en tirer sur la constitution du Soleil.

Page 627, note (1), ligne 2, *au lieu de* et du 9 août 1927, *lire* et du 9 août 1917.

Page 629, ligne 4, *au lieu de* est ainsi transformée en énergie de rotation, *lire* est ainsi transformée partiellement en énergie de rotation.

Page 630, lignes 2 et 3, *au lieu de* les orages grands et petits, *lire* les orages grands et moyens.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1927.

Studies in Optics, by Albert A. Michelson. Chicago, University, 1927; 1 vol. 19cm.

Minéralogie appliquée. Détermination et étude des minerais, par A. Braly. Paris. E. Veneziani et Cie, 1927; 1 vol. 25cm.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1927.

Anatomie radiographique du squelette normal (Atlas), par J. Belot et F. Lepennetier. Paris, Amédée Legrand, s. d; 1 vol. 32cm.

A propos du crâne de panthère dit de Malarnaud, par H. Bégouen. *Le crâne de panthère, dit de Malarnaud et sa non-fossilisation*, par G. Astre. Toulouse, J. Bonnet, 1927; 1 fasc. 25cm.

Quelques réflexions sur Glozel, par H. Bégouen. Toulouse, J. Bonnet, 1927; 1 fasc. 23cm.

Flore permienne des limites ouraliennes de l'Angoride (Atlas), par H. D. Zalessky, in *Mémoires du Comité géologique*, nouvelle série, livraison 176. Leningrad, Comité géologique.

Flora of the Chicago Region, par H. S. Pepson. Chicago, R. Bonnelley and Sons Company, 1927; 1 vol. 23cm.

Teoría de las Funcionales y de las Ecuaciones integrales e integro-diferenciales. Conférences faites par Vito Volterra et rédigées par Luigi Fantappie. Madrid, Imprenta clásica española, 1927; 1 vol. 25cm,5.

Astronomia. (Problema de Képler.) Seguido de alguns methodos para a determinação da hora local e da latitude geographica, par José da Silva Braga. Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1916; 1 fasc. 24cm,5.

A grande guerra universal de 1914 à 1918. Invasões allemães e antecedentes historicos, par José da Silva Braga. Paris, Jablonski et fils, 1922; 1 vol. 19cm.

Poesias astronomicas e outras lucubrações, par José da Silva Braga. Paris, 1926; 1 vol. 16cm,5.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite et fin*).

Université de Nancy. Discours du recteur. Nancy.
University of California (*Bulletin, Chronicle, Publications, Records*). Berkeley.
University of Colorado Bulletin. Boulder.
University of Minnesota. Agricultural experiment station (*Bulletin*). Minneapolis.
University of Wisconsin (*Bulletin*). Madison.
Uniwersytet Jana Kazimierza we Lwowie. (*Bibliothèque universitaire de Lwow*). *Program wykladow* Lwow.
Urania, Revista de la Sociedad astronómica argentina. Buenos-Aires.

Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Amsterdam.
Verhandelingen bakende den natuurlijken en Geopenbaarden Godsdienst. Haarlem.
Veröffentlichungen der Badischen Sandes Sternwarte zu Heidelberg. Königstahl.
Veröffentlichungen der Grossherzoglichen Sternwarte zu Heidelberg. Karlsruhe.
Veröffentlichungen der Königlichen Sternwarte zu Bonn. Bonn.
Veröffentlichungen der Universitäts Sternwarte zu Bonn. Bonn.
Verslag der voordrachten van Leden van het Bataafsch Genootschap. Rotterdam.
Verslag van de gewone vergaderingen der wis- en natuurkundige afdeeling. Amsterdam.
Vers la santé. Paris.
Vita. Roma.
Vulkanologische en seismologische Mededeelingen. Bandoeng.

Weekly weather report of the meteorological Office. London.
Wetenschappelijke Mededeelingen. Bandoeng.
Wisconsin geological and natural history Survey (*Bulletin*). Madison.

Year-book of the Royal Society of London. London.

Zpravy. Rapports de l'Office de statistique de la République tchécoslovaque. Prague.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 OCTOBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

La Section de Mécanique a perdu un de ses Correspondants en la personne de **George Greenhill**, décédé à Londres à l'âge de 81 ans.

Sir George Greenhill avait débuté comme Fellow à l'Université de Cambridge et fait sa carrière comme professeur de Mathématiques appliquées et de Balistique à l'École royale d'artillerie de Woolwich. Sa vie fut dominée tout entière par la préoccupation de faire profiter ses leçons et ses recherches techniques, de ses aptitudes en Analyse.

Très profond dans les théories de la Mécanique rationnelle, il publia sur la théorie des fonctions elliptiques un livre fondamental, qui s'est montré remarquablement fécond au point de vue des applications possibles de la théorie.

A l'aide des fonctions elliptiques, il put donner une détermination mathématique de la trajectoire des projectiles, établissant que la résistance de l'air croissait plus vite que le carré de la vitesse et que sur une portion notable, la courbe peut être représentée en prenant une puissance troisième de la vitesse.

Il a fait encore appel à cette même classe de fonctions dans un rapport fameux sur la théorie des effets gyroscopiques, demandé par le Comité consultatif anglais de l'Aéronautique. A ses effets gyroscopiques se rattache tout un ensemble de phénomènes mécaniques ; tantôt la pratique utilise leur production et tantôt, au contraire, elle doit se préoccuper d'en éviter les résultats nocifs. Ils se rencontrent notamment en aéronautique, en raison

des moteurs rotatifs et des hélices propulsives que l'on y emploie. La base analytique approfondie de son étude lui fournit des moyens de coordination.

L'utilisation des fonctions elliptiques a encore été mise en œuvre par Sir George Greenhill dans la rédaction de ses Mémoires sur la dynamique des chocs, sur une nouvelle théorie de l'hélice, sur le mouvement d'un solide dans un liquide indéfini, sur le mouvement d'un courant fluide rencontrant un obstacle courbe, où sont calculées toutes les circonstances et où sont données les figures correspondantes.

Les mêmes principes l'ont inspiré dans l'établissement de ses formules sur la détermination la plus convenable du pas des rayures, dûment adoptées en Angleterre, où il montre la nécessité d'allonger le pas desdites rayures, à mesure que croît la vitesse initiale. C'est la règle que suivait Krupp dans son canon à longue portée (Bertha) rayé à 4° seulement.

Pendant les hostilités, Sir George Greenhill ne put se désintéresser du calcul des trajectoires à grande portée, il étudia également l'air dans les couches supérieures de l'atmosphère dans ses relations avec la portée des gros canons, la dérive dans le tir d'artillerie, le tir aux grands angles contre aéronefs.

Plus récemment, il revint à l'usage des fonctions elliptiques, dans ses études sur l'orbite des planètes d'après la loi de Newton, modifiée suivant les théories d'Einstein, et dans ses recherches sur l'action d'un courant électrique sur une lentille isolée.

Dans ce domaine élevé, Sir George Greenhill avait acquis une autorité universellement reconnue; elle lui avait valu d'être chargé de diriger le calcul des tables des fonctions elliptiques publiées par l'Institution Smithsonienne. L'Académie perd en lui un mathématicien éminent qui faisait grand honneur à l'École militaire de Woolwich.

L'Académie porte en ce jour un autre deuil, sa Section de Géométrie a perdu également un de ses Correspondants, **Erik Ivar Fredholm**, professeur de Physique mathématique à l'Université de Stockholm.

Cet éminent géomètre laisse des travaux mathématiques d'une grande pénétration; ils ne s'imposent pas par leur nombre, mais il a suffi de l'un d'eux, se rapportant à une équation fonctionnelle, pour rendre son nom célèbre parmi les analystes qui s'occupent de physique mathématique.

Les premiers travaux de Fredholm sont relatifs à une série entière ne

pouvant être prolongée au delà de son cercle de convergence, et cependant continue, ainsi que toutes ses dérivées sur ce cercle. On lui doit un autre Mémoire d'importance, sur les équations d'équilibre d'un corps solide élastique : les résultats obtenus, appliqués aux équations de l'équilibre d'un corps cristallisé quelconque, lui permirent de généraliser les résultats classiques de Betli dans la théorie de l'équilibre des corps élastiques isotropes.

Mais c'est en 1900 qu'il publia sa belle Note sur le problème de Dirichlet, où sont énoncés pour la première fois les résultats fondamentaux relatifs à un type d'équations fonctionnelles, connues depuis lors sous le nom d'équations de Fredholm. De très nombreuses questions de Physique mathématique conduisent à une équation fonctionnelle du type de Fredholm, et des problèmes qui avaient exercé la sagacité des plus habiles se trouvèrent résolus, pour ainsi dire, d'un trait de plume, tout au moins si l'on reste dans les généralités.

Fredholm prit lui-même peu de part au mouvement scientifique créé par son Mémoire. Il écrivit seulement en 1905 un article intitulé *Solution d'un problème fondamental de la théorie de l'élasticité*. L'article était court, mais bien digne du précédent travail de l'auteur. Il y était établi que le problème de l'équilibre d'un corps élastique isotrope se ramène dans certains cas à des équations fonctionnelles du type indiqué plus haut, résultat mémorable, si l'on songe aux efforts innombrables dépensés jusque-là sans succès pour résoudre dans toute sa généralité ce problème d'élasticité.

La mémoire de Fredholm, honorée par les géomètres, restera vivante parmi ses Confrères de l'Académie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ipatieff**, **Kournakoff**, **Tchichibabine**, de l'Académie des Sciences de Leningrad; **Mourelo**, de l'Académie des Sciences de Madrid; **José Giral**, **Luis Bermego y Vida**, professeurs de l'Université de Madrid; **Goslino**, directeur de l'Institut de Chimie de Montevideo; **Garelli**, directeur de l'Institut des Ingénieurs de Turin; **Dumoulin**, membre de l'Académie royale de Belgique, qui assistent à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème d'Hamburger.* Note de M. E. GOURSAT.

Dans deux Notes récentes [1], M. G. Pfeiffer est revenu sur une question traitée en 1887 par Hamburger [2]. Cette question est un cas particulier très simple du problème de l'intégration d'une équation de Pfaff généralisée, dont je me suis occupé à diverses reprises [3]. Je voudrais indiquer en quelques mots la liaison entre les deux problèmes.

1. Soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$ un système de n variables indépendantes, $z_1, z_2, \ldots, z_p$ des fonctions de ces n variables et $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n$ un système de n fonctions déterminées des $n+p$ variables x_i, z_k. Si les fonctions $z_1, z_2, \ldots, z_p$ des n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ vérifient une relation de la forme

$$F(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n) = 0, \tag{1}$$

la fonction F étant arbitraire, ces n fonctions vérifient aussi la relation

$$H = \frac{D(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n)}{D(x_1, x_2, \ldots, x_n)} = 0, \tag{2}$$

dont le premier membre H est une fonction linéaire des dérivées partielles $\frac{\partial z_k}{\partial x_i}$ et des jacobiens que l'on peut former avec r des variables x_i et r des variables z_k,

$$H = A + \sum_{i,k} B_{i,k}\frac{\partial z_k}{\partial x_i} + \sum_{i,j}^{k,l} C_{ij}^{kl}\frac{D(z_k, z_l)}{D(x_i, x_j)} + \ldots = 0, \tag{3}$$

les coefficients A, $B_{i,k}$, C_{ij}^{kl}, ... étant des fonctions des variables x_i et des z_k. Inversement, pour qu'une équation de cette forme, linéaire par rapport aux jacobiens, puisse être mise sous la forme (2), les coefficients de cette forme doivent vérifier des conditions algébriques et des conditions différentielles, formées par Hamburger.

2. Ces relations s'obtiennent aisément comme il suit. Multiplions la rela-

---

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 98 et 246.

(2) *Journal de Crelle*, **109**, 1887, p. 390-404.

(3) *Sur certains systèmes d'équations aux différentielles totales et sur une généralisation du problème de Pfaff* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 7, 1915, p. 1); *Leçons sur le problème de Pfaff* (Chap. III).

tion (3) par le produit $dx_1\, dx_2 \ldots dx_n$; elle prend la forme

$$\Omega = 0, \tag{4}$$

Ω étant une *forme symbolique* de degré n par rapport aux différentielles dx_i, dz_k. L'intégration de l'équation $H = 0$, c'est-à-dire la recherche de tous les systèmes de p fonctions z_k des n variables x_i satisfaisant à la relation $H = 0$, revient à la détermination des multiplicités intégrales à n dimensions de l'équation de Pfaff de degré n, $\Omega = 0$. On obtient les conditions d'Hamburger en écrivant que la forme Ω est identique, à un facteur près indépendant des différentielles, au produit symbolique de n différentielles totales $\Omega = K\, d\varphi_1\, d\varphi_2 \ldots d\varphi_n$. Il faut d'abord pour cela que Ω soit le produit symbolique de n formes linéaires par rapport aux différentielles, $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$. On obtient les conditions nécessaires pour qu'il en soit ainsi en écrivant que Ω *est de rang* n; elles sont identiques aux conditions algébriques d'Hamburger. Il faut de plus que le système d'équations aux différentielles totales

$$\omega_1 = 0, \qquad \omega_2 = 0, \qquad \ldots, \qquad \omega_n = 0 \tag{5}$$

soit complètement intégrable, ce qui conduit aux conditions différentielles. On peut encore obtenir ces conditions en écrivant que le produit symbolique $\Omega\, df$ est identiquement nul. La fonction f doit satisfaire à un certain nombre d'équations linéaires par rapport aux dérivées partielles qui doivent former un système complet.

3. Lorsque toutes ces conditions sont vérifiées, on peut trouver explicitement tous les systèmes de solutions de l'équation $H = 0$ quand on a intégré le système (5). Dans les travaux rappelés plus haut, j'ai montré plus généralement que ce problème admet une solution explicite toutes les fois que les premières conditions d'Hamburger sont satisfaites, c'est-à-dire toutes les fois que la forme Ω est le produit symbolique de n formes linéaires distinctes *quelconques* $\Omega = \omega_1 \omega_2 \ldots \omega_n$. L'intégration de $\Omega = 0$ se ramène en effet, dans ce cas, à l'intégration de l'équation de Pfaff ordinaire $\lambda_1 \omega_1 + \ldots + \lambda_n \omega_n = 0$, $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ étant de nouvelles variables que l'on adjoint aux variables x_i, z_k.

Ces résultats peuvent encore être généralisés de diverses façons. Supposons que la forme symbolique Ω, déduite d'une équation $H = 0$ linéaire par rapport aux jacobiens des fonctions inconnues, admette un certain nombre $r < n$ de diviseurs linéaires distincts $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_r$. Toute multiplicité intégrale à n dimensions de l'équation de Pfaff $\lambda_1 \omega_1 + \ldots + \lambda_r \omega_r = 0$ fournira encore un système d'intégrales de l'équation $H = 0$, mais on

n'obtiendra pas ainsi tous les systèmes d'intégrales. En particulier, si $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_r$ sont des différentielles exactes $d\varphi_1, d\varphi_2, \ldots, d\varphi_r$, tout système de fonctions $z_1, z_2, \ldots, z_p$, des variables x_i satisfaisant à une relation de la forme $F(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_r) = 0$ vérifie l'équation $H = 0$.

On peut encore étendre cette méthode à un système d'équations linéaires par rapport aux jacobiens

$$H_1 = 0, \quad \ldots, \quad H_i = 0. \tag{6}$$

Si les formes symboliques correspondantes $\Omega_1, \Omega_2, \ldots, \Omega_i$ sont divisibles par r facteurs linéaires communs $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_r$, l'intégration de l'équation de Pfaff $\lambda_1\omega_1 + \ldots + \lambda_r\omega_r = 0$ fournira encore des systèmes d'intégrales des équations (6).

ASTRONOMIE. — *Sur un moyen d'améliorer la détermination de l'heure.* Note de M. **G. Bigourdan.**

Deux aspects importants du problème de l'heure sont celui de sa *détermination* d'une part et celui de sa *conservation* de l'autre.

J'ai montré (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 621, et *Mél. scientif.*, p. 202) que, pour améliorer cette conservation, supposée assurée en partie par des comparaisons mutuelles de garde-temps dispersés sur toute la Terre, il est très utile de considérer séparément les heures *brutes* de ces comparaisons, de les discuter d'une manière tout à fait indépendante des corrections de pendule C_p; et la Section de Géodésie de l'*Union Géodésique et Géophysique internationale*, dans sa réunion de Prague en septembre 1927, a émis un vœu dans le même sens, pour ce qui regarde les déterminations des longitudes (voir *Bulletin horaire*, t. III, p. 10...).

Maintenant je voudrais montrer que, de même, par la discussion séparée des mêmes heures brutes, on peut améliorer la *détermination* de l'heure, au moins d'une manière indirecte.

Les comparaisons précitées de garde-temps se font pratiquement au moyen de signaux de T. S. F.; et il importe que l'on y emploie partout les *mêmes* signaux, afin d'éliminer les causes d'erreur tenant à l'émission. Au moyen de tels signaux, dans

les observatoires désignés par.....	a,	b,	...	n,	...
on a donc obtenu les heures brutes de leurs garde-temps..........	p_a,	p_b,	...	p_n,	...
désignons les heures exactes correspondantes par................	t_a,	t_b,	...	t_n,	...
les corrections de pend. correspondantes seront.................	$C_{pa} = t_a - p_a$,	$C_{pb} = t_b - p_b$,	...	$C_{pn} = t_n - p_n$,	...

D'autre part, quand les observatoires se seront communiqué les résultats, et qu'on les aura préalablement réduits à un même méridien (en tenant compte des longitudes L) on pourra comparer les heures $p_a, p_b, \ldots \ldots$ à l'une d'elles p_n, reconnue comme bonne, et former les différences journalières $p_a - p_n$, $p_b - p_n$, ...

En faisant de même ces différences journalières pour un certain nombre de jours, un mois par exemple, leur considération permettra de reconnaître les garde-temps dont la marche n'a pas été régulière et de les éliminer momentanément.

Alors, conservant uniquement les p_a, p_b, ... fournis par les garde-temps de bonne marche mensuelle, on pourra les réduire en moyennes journalières P_M, qui seront comme les heures brutes d'une pendule *fictive*, sorte de pendule moyenne ou *mondiale*. A cette pendule on pourra rapporter rigoureusement toutes les corrections de pendule particulières C_{pa}, C_{pb}, ..., car il suffira de leur retrancher algébriquement les quantités connues $P_M - p_a$, $P_M - p_b$, ...

Donc, finalement, on reconnaîtra les C_{pa}, C_{pb}, ... particuliers qui s'écartent anormalement, on pourra les éliminer, et conclure enfin une bonne correction P_M. De la sorte, l'heure sera mieux déterminée; en outre, aux avantages déjà indiqués (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 621, et *Mél. scientif.*, p. 203), on peut ajouter ceux de répondre à des questions encore en suspens, telles que celle des valeurs relatives des *petits* et des *grands* instruments, — des instruments *portatifs* et des instruments *fixes*, — de ceux ayant une installation à *demeure* ou une installation en *plein champ*, etc. Les éléments reconnus défectueux, et laissés momentanément de côté, seront examinés et généralement on pourra mieux reconnaître la cause de leurs écarts.

Les raisonnements précédents supposent que les éléments considérés (p_a, p_b, ..., t_a, t_b, ..., C_{pa}, C_{pb}, ...) sont plus ou moins rigoureusement contemporains, ce qui n'a pas lieu dans la pratique; mais leurs variations sont généralement continues, faibles et même en partie connues, de sorte que les cas concrets peuvent être ramenés au cas hypothétique considéré.

Ainsi l'observation de ces signaux déjà mentionnés, servant à la comparaison mondiale des pendules (je les appellerai *Signaux* CMP), serait importante. En vue d'un essai, correspondant à la période des longitudes mondiales d'octobre-novembre 1926, j'avais proposé, pour des raisons momentanées, de choisir les signaux 113-122 et 235-244 de l'émission du poste Bordeaux-Lafayette 20^h (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 621, et *Mél. scientif.*, p. 204). Aujourd'hui, les conditions n'étant plus les mêmes, on pourrait choisir les signaux 3-12 et 295-304 du même poste, émissions de 8^h et de 20^h, sur $\lambda = 18900^m$, que certains astronomes ont bien voulu accepter déjà.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du calcium, du magnésium et de l'aluminium sur la glucine.* Note [1] de M. **Camille Matignon** et Mlle **Germaine Marchal**.

Grâce à la connaissance de la chaleur d'oxydation du glucinium [2], il nous a été possible de conduire rationnellement l'étude de l'action des métaux sur la glucine en vue de sa réduction et de l'isolement du métal. Ces premiers résultats ne constituent qu'une étude préliminaire.

Calcium. — La réaction de substitution du calcium au glucinium est nettement exothermique :

$$GlO + Ca = CaO + Gl + 12^{cal},6,$$

par suite la substitution est théoriquement possible dans les conditions où le calcium n'est pas trop volatil.

Nous avons chauffé dans le vide un mélange intime de glucine *préalablement calcinée* avec du calcium en excès. Ce mélange, sous forme de pastilles comprimées placées dans une nacelle en alumine, a été chauffé au-dessus du point de fusion du calcium, soit au delà de 800°

Le glucinium, mis en liberté, s'allie avec le calcium, qui reste en excès et peut être facilement dosé par une attaque du produit de la réaction avec une solution chlorhydrique étendue. La chaux, le calcium, le glucinium passent alors en solution, tandis que la glucine *suffisamment calcinée* reste sensiblement inattaquée comme de nombreux essais préliminaires nous l'ont montré, en se plaçant dans les conditions même de nos expériences. La glucine passée en solution correspond donc au métal mis en liberté.

Voici, par exemple, les résultats d'une expérience effectuée pendant 2 heures à 1000° en opérant avec un mélange de 1 partie de glucine pour 2,4 parties de calcium (quantité théorique, 1,6 partie). Dans 7^g du produit réactionnel, contenant en tout $2^g,5$ de glucine, on a pu faire passer en solution une quantité de glucine égale à $0^g,62$; 25 pour 100 de la glucine était ainsi réduite dans ces conditions.

En faisant varier la température et la proportion de calcium, nous

---

(1) Séance du 17 octobre 1927.

(2) C. Matignon et Mlle Marchal, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 927.

n'avons pas dépassé une proportion de 30 à 33 pour 100 de métal mis en liberté.

Ce n'est pas cependant une réaction limitée à ces proportions; les contacts entre les matières réagissantes glucine et globules de calcium sont insuffisants pour rendre totale la double décomposition. On pourra réagir contre cette difficulté en faisant intervenir des fondants.

Magnésium. — Winkler [1] a indiqué la formation d'un hydrure de glucinium en chauffant la glucine et le magnésium dans un courant d'hydrogène. M. Lebeau [2] a vainement tenté de reproduire cet hydrure et n'a pas constaté la moindre réduction de la même base par le magnésium en opérant dans un feu de forge.

Les considérations thermochimiques permettent de prévoir à la fois la réduction de la magnésie par le glucinium [3] et de la glucine par le magnésium en se plaçant chaque fois dans des conditions convenables :

$$GlO + Mg = MgO + Gl + 3^{cal}.$$

Si l'on veut désoxyder la glucine par le magnésium, il convient d'opérer à la plus basse température possible, dans les conditions où la volatibilité du magnésium ne vient pas s'opposer à sa réalisation et renverser le sens de la réaction.

Nous avons pu, en opérant comme avec le calcium, et à des températures allant de 675° à 690°, avec des durées variant de 3 à 6 heures, constater la réduction de la *glucine calcinée* par le magnésium. Le métal réducteur est employé en quantité double de la quantité théorique. Ce surplus suffit largement pour alimenter la volatilisation du métal au cours de la réduction.

L'attaque par l'acide chlorhydrique dans des conditions bien définies de temps, de dilution et de température nous a permis de doser la glucine provenant du glucinium libéré.

$5^{g},9$ du mélange initial, contenant $2^{g},03$ de glucine ont donné $0^{g},2837$ de glucine dissoute. On en déduit que la réduction porte sur 14 pour 100 de la glucine initiale. Dans d'autres essais, on en a trouvé un peu plus. La réaction n'est pas totale. Elle se produit en partie par l'action de la vapeur de magnésium sur l'oxyde, mais surtout par contact entre les corps réagissants; toutefois le contact tend à disparaître quand la réaction commence à

(1) *Berichte*, 24, 1891, p. 1972.
(2) *Thèse Paris*, 1898, p. 19.
(3) MATIGNON et MARCHAL, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 715.

se produire, le glucinium et la magnésie formés séparent progressivement les grains des deux corps réactionnels.

Aluminium. — La substitution de l'aluminium au glucinium de la glucine correspond à une réaction assez fortement endothermique :

$$3\,\mathrm{GlO} + \mathrm{Al}^2 = \mathrm{Al}^2\mathrm{O}^3 + 3\,\mathrm{Gl} - 10^{\mathrm{cal}},3.$$

D'autre part, aucun des constituants du système final ne peut compenser cette endothermicité par sa volatilité [1]. Néanmoins, en opérant à température élevée, et en tenant compte des tensions de vapeur, très faibles d'ailleurs des deux métaux, on peut prévoir un équilibre possible défini par la concentration de l'alliage aluminium-glucinium susceptible de prendre naissance. On a fait un seul essai, dans le vide, pendant 4 heures, à 1270°, avec un grand excès de métal réducteur, dans des conditions où, comme on a pu le constater, l'aluminium manifeste une volatisation sensible. La quantité de glucine réduite est très faible et de plus les méthodes de séparation de l'alumine et de la glucine sont imparfaites. Néanmoins, en employant deux méthodes d'analyses bien différentes, appliquées l'une et l'autre à différents globules d'aluminium, nous avons toujours trouvé une teneur en glucinium très voisine de 0,8 pour 100.

L'imprécision de nos méthodes analytiques ne nous permet pas de considérer ce nombre comme exact, et nous ne l'aurions même pas signalé si toutes nos analyses ne nous avaient pas, à notre surprise, conduits toujours au même résultat.

En résumé, le magnésium et le calcium sont susceptibles de réduire la glucine. Avec l'aluminium, la réduction paraît possible, mais elle ne met en liberté qu'une petite quantité de métal correspondant à la formation d'un alliage d'aluminium très pauvre en glucinium.

GÉOLOGIE. — *Le Crétacé dans le pays de Bigorre; ses brèches et ses conglomérats.* Note de M. **H. Douvillé**.

Dans les cartes géologiques de la région, Carez (1906) et Viennot (1927) distinguent seulement deux termes dans le Crétacé inférieur, des calcaires aptiens et des schistes fissiles noirs albiens. J'ai montré que soit dans le Béarn, soit dans les vallées de la Neste et de la Garonne, la succession des

(1) C. Matignon, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1536.

couches était différente, les schistes noirs étant aptiens et non albiens, tandis que les calcaires se succèdent depuis l'Aptien supérieur jusqu'au Cénomanien. Ces différents étages se retrouvent naturellement dans la Bigorre, mais leur dépôt s'est effectué dans des conditions assez particulières, par suite de la complexité et de l'irrégularité des terrains sur lesquels repose le Crétacé, et qui comprennent, outre le Permotrias et le Jurassique, des schistes cristallins et du granite, formant les uns ou les autres des îlots disséminés au milieu du Crétacé.

L'Aptien est toujours représenté par les schistes noirs exploités pour ardoises à l'ouest et à l'est de Bagnères; aux Palomières il a fourni comme à Lourdes *Parahoplites Deshayesi*. Les calcaires bitumineux noirs subordonnés à ces schistes sont moins développés que dans la Haute-Garonne; ils sont cependant exploités au nord du Soum de Pourricade et affleurent au sud des Palomières sur la route de Banios; Leymerie a également signalé dans la vallée de la Gailleste des calcaires noirs à Serpules, semblables à ceux de Barbazan.

Le puissant massif calcaire qui se développe au-dessus constitue l'Albien : à la base, les calcaires en lits réguliers alternent avec les schistes noirs, ils augmentent ensuite progressivement d'importance et se relient à la partie supérieure avec les calcaires à Caprines du Cénomanien (Sarrancolin). Dans ces dépôts, les schistes représentent les éléments détritiques apportés par les fleuves; ils varient avec leurs crues, c'est-à-dire avec l'intensité des précipitations pluviales: de là leur alternance avec les dépôts calcaires; ils varient également avec l'éloignement des points d'arrivée des troubles; enfin ils peuvent même manquer complètement, et dans ce cas le dépôt n'est plus composé que de calcaire. Mais les végétaux, par suite de leur légèreté, seront transportés plus loin que les éléments détritiques, et par leur décomposition, donneront aux dépôts une couleur d'autant plus foncée qu'ils seront plus abondants. Il en résulte, comme dans le cas précédent, une alternance de couches tantôt claires, tantôt foncées; c'est ce que j'ai appelé les calcaires rubanés, et cette alternance est quelquefois si régulière qu'on pourrait se demander si elle n'est pas en relation avec les saisons; ils peuvent quelquefois remplacer complètement les calcaires schisteux, mais ils sont surtout développés à la partie supérieure jusqu'au Cénomanien.

Dans la coupe de Sarrancolin, j'ai signalé encore l'apparition dans les calcaires schisteux d'un nouveau faciès : aux éléments détritiques habituels viennent s'ajouter des fragments anguleux empruntés aux terrains plus anciens; enrobés et plus ou moins fondus dans le dépôt schisteux ou cal-

caire, ils constituent des brèches polygéniques dont l'origine sédimentaire n'est pas douteuse. Elles varient beaucoup, suivant la grosseur et l'abondance des éléments étrangers. Elles sont particulièrement développées dans la Bigorre et apparaissent dans les calcaires schisteux de l'Albien inférieur, immédiatement au-dessus des schistes noirs aptiens; mais comme on le voit à Sarrancolin, ce faciès bréchique peut envahir les calcaires supérieurs et même le Cénomanien.

D'après Carez, ces brèches passant aux conglomérats, se montreraient dispersées dans les schistes et toujours très localisées; il les cite dans un très grand nombre de points à l'est de Bagnères; dans la même région, Viennot signale de nombreux lits de brèches linéaires. Je les ai observées moi-même à la descente de Layresse sur Bénac où elles forment des lits de quelques centimètres d'épaisseur, intercalés à la base des calcaires schisteux; entre Bénac et Orincles un banc plus épais, toujours interstratifié, renferme de véritables galets de quartzite et de granite, et passe ainsi au conglomérat; sur la route de Bagnères à Banios, au delà du grand coude de cette route, des bancs de $0^m,50$ d'épaisseur sont également régulièrement intercalés dans les schistes. Toutes ces brèches sont bien nettement d'origine sédimentaire, mais en est-il de même quand elles atteignent une épaisseur considérable, plusieurs centaines de mètres par exemple, comme celles auxquelles Viennot attribue une origine tectonique? Elles marqueraient, d'après lui, le contact anormal des calcaires dits aptiens, dominant les schistes qu'il considère comme albiens; mais dès l'instant où ces schistes sont aptiens, et les calcaires aptiens supérieurs et albiens, ce contact n'a plus rien d'anormal.

J'ai eu l'occasion d'examiner certaines de ces brèches : en particulier celle qui a été figurée par Viennot (*Thèse*, pl. I, fig. 1, 2), entre Asque et Fréchendet; elle est à très gros éléments, et elle reposerait au Nord sur les schistes noirs. Mais au Sud elle est aussi surmontée par une grande épaisseur des mêmes schistes, avec lesquels elle alterne même au contact; il semble donc bien qu'elle est comme les précédentes interstratifiée.

Comme deuxième exemple je citerai la puissante brèche décrite par Carez et par Viennot, sur la route de Banios, à la descente au sud des Palomières : elle atteint là plus de 200^m d'épaisseur, et sa composition est extrêmement complexe : à la suite des schistes ardoisiers dirigés N 114° E et plongeant de 70° vers le Sud, on observe d'abord un lambeau du calcaire noir de l'Aptien, veiné de blanc, et tout à côté on a exploité une brèche polygénique à éléments très irréguliers. En descendant on voit affleurer

successivement des brèches analogues, puis des couches régulières de calcaires schisteux, ayant même direction et même plongement que les ardoises, de nouveau des brèches à éléments souvent très volumineux, des calcaires dolomitiques et d'autres brèches où les cailloux roulés ne sont pas rares; il en est de même tout à fait au bas de la descente où affleurent de véritables brèches-conglomérats, en blocs énormes, mais formant malgré cela des bancs assez caractérisés, dont l'inclinaison ne dépasse pas 50°. Tout cet ensemble, où les cailloux roulés ne sont pas rares, n'a vraiment pas les caractères d'une mylonite; les éléments qui le constituent sont le plus souvent nettement stratifiés.

Des conglomérats analogues à blocs énormes sont signalés plus au Nord par Carez, notamment à Lanne et à Louey; il les décrit comme formant des bancs verticaux séparés par des schistes et des calcaires; il les rapproche des conglomérats-brèches du Cénomanien. Ils sont du reste surmontés entre Hiis et Visker par les calcaires en dalles du Turonien.

Au pont de Montgaillard, ces mêmes conglomérats, toujours en bancs à peu près verticaux, alternent régulièrement avec des schistes et viennent s'appuyer sur les grès du Trias.

A l'ouest de Bagnères, on retrouve les mêmes terrains : entre les schistes ardoisiers largement exploités et les calcaires rubanés qui forment une butte pittoresque à l'ouest du village de Labasserre, Dubar signale des calcaires schisteux avec brèches polygéniques interstratifiées. Elles occupent la même situation que celles de la tranchée de Boo Silhen, où elles succèdent également aux schistes noirs, bien développés immédiatement au Sud.

Les calcaires rubanés sont exploités immédiatement au sud de Bagnères, tandis qu'un peu plus loin se montrent les gisements bien connus des marbres brèches de Médous et de Beaudéan; comme le marbre de Sarrancolin, ils renferment de nombreux fragments des calcaires rubanés albiens; ils se trouvent donc dans les mêmes conditions et comme lui doivent représenter le Cénomanien; la coupe se trouve ainsi complétée et l'on peut résumer de la manière suivante la succession des couches :

A la base des schistes ardoisiers aptiens, avec quelques épisodes de calcaires noirs bitumineux; au-dessus l'Albien représenté par des calcaires schisteux très souvent associés à des brèches polygéniques et pouvant être remplacés par des calcaires rubanés, surtout développés à la partie supérieure; enfin au sommet, le Cénomanien représenté au Sud par des marbres bréchiques et des calcaires à Rudistes, et au Nord par des schistes et des brèches-conglomérats.

Ces brèches polygéniques représentent les dépôts d'une mer extrêmement agitée; j'ai attribué cette agitation intermittente à des mouvements brusques du sol, à des séismes, et j'ai précisément signalé à plusieurs reprises leur fréquence dans les Pyrénées, pendant les temps géologiques. On sait que leurs effets, toujours localisés, sont extrêmement variables et c'est ce qui explique à la fois l'irrégularité des brèches comme importance et comme distribution et en même temps leur fréquence à des niveaux bien définis, l'Albien et le Cénomanien, pendant lesquels les séismes auraient été particulièrement fréquents.

Il est intéressant de rappeler que Carez, après ses premières explorations en 1897, avait émis l'hypothèse de l'existence d'une chaîne ancienne, au nord de la chaîne actuelle, et qui aurait été ensuite démantelée; les îlots si variés des terrains anciens disséminés au milieu du Crétacé en seraient les vestiges, et les brèches seraient formées de leurs débris.

Quelles sont au point de vue de la tectonique, les conséquences de ces considérations? M. Viennot a admis l'existence d'une nappe B, délimitée au Sud par un contact anormal qu'il étudie en détail, et au Nord par le contact qu'il considère également comme anormal des calcaires aptiens surmontant les schistes albiens, contact marqué en outre par des brèches tectoniques. Il résulte de ce qui précède que ce contact est au contraire normal, les schistes étant aptiens et les calcaires devant être attribués à l'Aptien supérieur et à l'Albien. En outre, bien qu'il y ait comme toujours dans les régions fortement plissées, des roches plus ou moins écrasées, les brèches sont le plus souvent d'origine sédimentaire. Dans ces conditions il n'est plus possible de retrouver au Nord la base d'une nappe, et celle-ci se trouve remplacée par une succession de plis chevauchant les uns sur les autres comme dans le Béarn, et plus ou moins contrariés par les saillies des îlots du soubassement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nitruration des aciers spéciaux.* Note de M. Léon Guillet.

J'ai déjà indiqué comment la nitruration, appliquée tout d'abord aux aciers à l'aluminium, puis aux aciers au chrome et à l'aluminium, devait utiliser pour certaines pièces, notamment pour les engrenages, des aciers nickel-chrome-aluminium, cela afin de diminuer la fragilité et d'augmenter la limite élastique.

Toutefois il était bien à penser que ces aciers trempés et revenus, puis soumis à la nitruration, c'est-à-dire à un chauffage prolongé (généralement 90 heures) dans un courant d'ammoniaque, présenteraient cette fragilité spéciale connue sous le nom de *maladie de Krupp*.

Il a paru nécessaire de poursuivre des recherches systématiques sur ce sujet. Elles ont eu lieu sur différentes nuances d'acier et avec le concours de M. Pierre Aubert et de MM. Adrien et Henri Duval.

Il a été préparé, pour chaque composition d'acier, quatre éprouvettes de résilience de la section de 15×15; ces éprouvettes ont été trempées et revenues, puis deux d'entre elles ont été nitrurées. La nitruration a été faite uniformément pour une profondeur de $\frac{8}{10}$ à $\frac{10}{10}$ de millimètre, les éprouvettes sont donc restées 90 heures à la température de 500°.

La partie nitrurée a été ensuite éliminée et les éprouvettes ont été uniformément ramenées aux dimensions de $10 \times 10 \times 50^{mm}$ avec entaille de 2×2 à fond rond.

Première série. — *Aciers chrome-aluminium.*

Composition de l'acier.				Dureté Δ.	Résilience en kgm.
C.	Al.	Cr.			
0,41	0,94	1,40	après trempe à l'huile et revenu à 700°.		
			Éprouvette non nitrurée	241	17,12
			Éprouvette nitrurée	241	9,2
0,41	0,90	1,49	après trempe à l'huile et revenu à 700°.		
			Éprouvette non nitrurée	262	15,4
			Éprouvette nitrurée	262	5
0,28	0,82	1,23	après trempe à l'huile et revenu à 700°.		
			Éprouvette non nitrurée	228	20,5
			Éprouvette nitrurée	228	11,2
0,26	0,80	1,30	après trempe à l'huile et revenu à 700°.		
			Éprouvette non nitrurée	217	19
			Éprouvette nitrurée	217	10,2

Deuxième série. — *Aciers nickel-chrome-aluminium.*

Composition de l'acier.					Dureté Δ.	Résilience en kgm.
C.	Al.	Cr.	Ni.			
0,26	1,11	1,73	1,82	après trempe à l'eau et revenu à 700°.		
				Éprouvette non nitrurée	228	18
				Éprouvette nitrurée	228	2,8
0,23	0,93	1,98	1,86	après trempe à l'huile et revenu à 700°.		
				Éprouvette non nitrurée	212	25
				Éprouvette nitrurée	212	4,67
0,13	1,04	1,95	1,71	après trempe à l'eau et revenu à 650°.		
				Éprouvette non nitrurée	241	19
				Éprouvette nitrurée	241	3

Ces essais montrent que :

1° Le séjour prolongé à 500° diminue sensiblement la résilience des aciers chrome-aluminium ;

2° L'adjonction de nickel rend le métal bien plus sensible : il est atteint de la maladie de Krupp. La résilience a baissé d'une façon très importante jusqu'à atteindre des limites peu compatibles avec les exigences de l'industrie.

De nouvelles recherches ont été poursuivies pour remédier à cet inconvénient; on a d'abord recherché l'influence du tungstène et l'on a réalisé la composition suivante :

Composition de l'acier.						Dureté	Résilience
C.	Al.	Cr.	Ni.	W.		Δ.	en kgm.
0,45	1,07	1,97	0,50	0,50	après trempe à l'huile et revenu à 700°.		
					Éprouvette non nitrurée	286	9,4
					Éprouvette nitrurée	286	6,4

Enfin, on a étudié l'influence du molybdène. Les résultats se traduisent par les chiffres ci-dessous :

Composition de l'acier.						Dureté	Résilience
C.	Al.	Cr.	Ni.	Mo.		Δ.	en kgm.
0,41	1,23	2	0,62	0,35	après trempe à l'huile et revenu à 700°.		
					Éprouvette non nitrurée	311	13
					Éprouvette nitrurée	311	12,7
0,30	1,75	2,10	0,58	0,34	après trempe à l'eau et revenu à 700°.		
					Éprouvette non nitrurée	277	16
					Éprouvette nitrurée	277	15,5
0,33	1,33	1,99	0,50	0,32	après trempe à l'eau et revenu à 700°.		
					Éprouvette non nitrurée	302	13,4
					Éprouvette nitrurée	302	13,3

Ces chiffres démontrent que l'adjonction de molybdène a complètement supprimé les effets de la maladie de Krupp. La constance des résultats est tout à fait remarquable, la résilience étant pratiquement identique sur l'éprouvette nitrurée et sur l'éprouvette non nitrurée.

Les caractéristiques physiques sont particulièrement intéressantes et doivent être considérées comme au moins égales à celles des aciers chrome-nickel de très bonne fabrication, actuellement utilisés dans l'industrie.

Il était intéressant de rechercher si l'adjonction de molybdène produisait les mêmes résultats favorables sur les aciers nickel-chrome-aluminium correspondant aux types déjà étudiés :

Composition de l'acier.						Dureté	Résilience
C.	Al.	Cr.	Ni.	Mo.		A.	en kgm.
0,24	1,30	1,98	1,62	0,34	après trempe à l'huile et revenu à 675°.		
					Éprouvette non nitrurée.............	311	13,2
					Éprouvette nitrurée.................	311	9,3
»	»	»	»	»	après trempe à l'huile et revenu à 725°.		
					Éprouvette non nitrurée............	286	17,6
					Éprouvette nitrurée.................	286	8,2

Bien que la présence du molybdène ait considérablement amélioré les résultats obtenus précédemment sur les aciers nickel-chrome-aluminium, on constate que la perte de résilience reste assez sensible. De tels aciers sont cependant tout à fait aptes à être utilisés dans l'industrie.

De cette étude ressortent les constatations suivantes :

1° Les aciers chrome-aluminium sont relativement peu sensibles à la maladie de Krupp.

2° Les aciers nickel-chrome-aluminium sont très sensibles à la maladie de Krupp.

3° Les aciers chrome-aluminium-molybdène avec faible teneur en nickel sont indifférents à la maladie de Krupp.

4° Les aciers nickel-chrome-aluminium-molybdène restent un peu sensibles à la maladie de Krupp, tout en conservant des caractéristiques satisfaisantes.

5° Le séjour pendant 90 heures à 500° n'a pas diminué la dureté des aciers essayés.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Rapport sur l'état de la publication des* Œuvres Géologiques de Marcel Bertrand, par M. **Emm. de Margerie**.

L'Académie a maintes fois pris sous son patronage la publication, après le décès des plus illustres de ses membres, de leurs œuvres complètes, dispersées de leur vivant dans une foule de Recueils, parfois peu accessibles à la majorité des lecteurs, quand elles n'étaient pas épuisées. Ce sont surtout les Mathématiciens, les Astronomes et les Physiciens dont la gloire a bénéficié de cette pratique, et les Naturalistes, dans cette galerie, attendent encore leur tour.

En 1922, sur la proposition de notre confrère M. Maurice Lugeon, professeur à l'Université de Lausanne, le Congrès Géologique International

réuni à Bruxelles, « reconnaissant la profonde et durable influence que les travaux de Marcel Bertrand ont exercée sur les progrès de la Tectonique », émettait le vœu de voir réunir en volumes les nombreux Mémoires signés par ce maître entre 1880 et 1900, Mémoires dont plusieurs ont véritablement fait époque dans l'histoire de la Science.

Les fonds nécessaires à cette publication ayant pu être réunis, par les soins de Mme M. Bertrand, avec le généreux concours du Comité des Houillères de France, MM. les Secrétaires perpétuels ont bien voulu s'intéresser à l'entreprise, en autorisant l'Imprimerie annexée à l'Observatoire d'Abbadia à se charger de sa réalisation matérielle.

La tâche de rassembler tous les documents qu'il y avait lieu de reproduire m'ayant été confiée, je dois à l'Académie de lui faire connaître l'économie générale du Recueil projeté, en même temps que l'état d'avancement de l'impression et du tirage.

Le nombre des Articles ou Mémoires retenus s'élève à 163. Ils représentent la totalité de l'Œuvre publiée par Marcel Bertrand, à l'exception des feuilles de la *Carte géologique détaillée de la France*, dont la réimpression en chromolithographie eût été trop coûteuse, et de deux études de longue haleine, insérées dans les Mémoires de l'Académie où l'on pourra facilement les retrouver (1).

Pour le classement de ce volumineux dossier, il a semblé que, tout en respectant strictement l'ordre chronologique, il y avait avantage à grouper sous autant de chefs distincts les travaux se rapportant à une même région ou à une même série de questions. Nous avons obtenu ainsi sept parties, consacrées respectivement au Jura (I), à la Provence (II), aux Alpes françaises et suisses (III), au Nord de la France et aux bassins houillers français (IV), à des régions diverses (V), enfin aux Notices nécrologiques, Allocutions et Rapports (VII).

L'étendue des matières traitées exigeant trois volumes, le Tome I comprend seulement, après une *Introduction* qui reproduit les termes de la Notice rédigée par Marcel Bertrand lors de sa présentation à l'Acadé-

(1) Bertrand et Kilián, *Études sur les Terrains secondaires et tertiaires dans les Provinces de Grenade et de Malaga* (*Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, 30, n° 2, 1889). — Marcel Bertrand, *Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux* (*Mém. Acad. Sc.*, 50, n° 2, 1908).

mie (1894), les deux premières parties. Ce volume (¹), qui va paraître en librairie dans quelques jours, et dont j'offre, au nom de la famille, un exemplaire à l'Académie, ne contient pas moins de cinquante-sept articles, dont dix-sept (II-XVIII) sont relatifs au Jura, et trente-neuf (XIX-LVII) à la Provence. On y relira, en particulier, les comptes rendus des Réunions Extraordinaires de la Société Géologique de France dirigées par Marcel Bertrand, en 1885 et en 1891, dans ces deux régions (XI-XV et XXXVI-XLIV) et les Notes célèbres sur la chaîne de la Sainte-Baume (XIX, XXVIII) et sur l'îlot triasique du Beausset (XXIII, XXIV), qui ont fondé la réputation universelle de leur auteur; puis deux exposés d'ensemble sur la structure de la Provence, donnés successivement en 1889 et en 1897-1898 (XXXII, LI), et une brillante série d'études sur le massif d'Allauch (XLV), les recouvrements des environs de Marseille (LIV) et enfin la grande nappe de la Basse Provence (LV), qui constituent, par la précision du langage aussi bien que par l'originalité de l'exposition, autant de modèles inégalables.

En ce qui concerne le texte, mon rôle s'est borné à vérifier toutes les références, en les précisant et en les complétant quand il y avait lieu. De plus, afin de faciliter le maniement des volumes, j'ai cru devoir ajouter, en tête de chacun des articles, du moins quand ceux-ci présentaient un certain développement, le sommaire, avec renvoi aux pages, des paragraphes qui en constituent la substance, sommaire dont la rédaction, dans la plupart des cas, appartient d'ailleurs à Marcel Bertrand lui-même. Enfin l'échelle des figures a été spécifiée, toutes les fois qu'il a été possible de le faire, ainsi que l'orientation des coupes, que l'auteur avait le plus souvent négligé d'indiquer.

Quant aux planches et figures, toutes celles qu'il avait fait établir pour accompagner ses travaux ont été réproduites par la photogravure ou la lithographie, sans aucun changement, avec le concours de la Maison Reymond et Cie, du Service Géographique de l'Armée et de l'Institut Cartographique de Paris, que dirige M. Henri Barrère.

Le Tome II comprendra la troisième partie (Alpes) et la quatrième (Nord de la France et bassins houillers); l'impression en est déjà très avancée, et j'espère pouvoir le présenter à l'Académie dans le courant de l'année prochaine.

(¹) In-8°, XXII-709 pages, 184 figures, XII planches dont 6 en couleurs (Paris, Dunod, 1927).

GÉOLOGIE. — *Formations monastiriennes et postmonastiriennes de Basse Normandie.* Note de M. A. Bigot.

J'ai fait connaître en 1897 (¹) l'existence, en bordure du littoral de la Hague, d'une terrasse de blocaux et de limons, d'âge pléistocène, recouvrant une ancienne plate-forme de dénudation marine, et accolée à une ancienne falaise, au pied de laquelle s'étendait cette plate-forme. Les conclusions sur la formation de cette terrasse et en particulier sur le changement de niveau de la mer à la fin du Pléistocène étaient en accord avec celles que M. Ch. Barrois (²) a déduites de l'étude des plages soulevées et de la répartition des limons de Bretagne. Les travaux de M. Ch. Depéret (³) sur les niveaux marins du Pléistocène et ceux de M. Georges Dubois (⁴) sur le Quaternaire du Nord de la France permettent de compléter ces anciennes observations et celles que j'ai eu l'occasion de faire depuis 1897.

Plages monastiriennes. — Les dépôts marins sont rarement conservés à la base de la terrasse : au fond de l'anse du Bricke de Maupertus, couche de blocs arrondis et de galets de granite, épaisse de $1^m,80$, reposant à $2^m,60$ au-dessus du cordon de galets des plus hautes mers, sur la surface aplanie du granite; à Jerd'heux, couche de galets céphalaires de granite, épaisse de 1^m à $1^m,20$, nivelant les irrégularités de la surface du granite; galets à Eculleville et à Diélette. Aucun fossile n'a été trouvé dans ces anciennes plages du Cotentin.

Les dépôts marins de la plage suspendue du Càtel de Saint-Aubin-sur-Mer sont formés d'une couche, épaisse de $0^m,40$ à $0^m,50$, de sables fins, avec galets très roulés, parmi lesquels dominent les galets de silex, reposant à $2^m,50$ à 3^m, au-dessus des hautes mers sur une surface plane des calcaires bathoniens. Les sables renferment des coquilles marines; les espèces, peu

(¹) A. Bigot, *Sur les dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie* (*Comptes rendus*, **125**, 1897, p. 380).

(²) Ch. Barrois, *Sur les plages soulevées de la côte occidentale du Finistère* (*Ann. S. Géol. Nord*, **9**, 1882, p. 239); *Sur l'extension du limon quaternaire en Bretagne* (*Ibid.*, **26**, 1897, p 33).

(³) Résumés dans Ch. Depéret, *Essai de classification générale des temps quaternaires* (*Comptes rendus de la XIIIᵉ Session du Congrès géologique international*, 3ᵉ fasc., 1926, p. 1409).

(⁴) Georges Dubois, *Recherches sur les Terrains quaternaires du nord de la France* (*Mém. S Géol. Nord*, **8**, Mém. 1, 1924)

nombreuses, sont représentées par de nombreux individus : *Buccinum undatum* L., variété de petite taille, à test très mince, confondue avec le *B. Groenlandicum* Chemnitz (rectification de M. Depéret), *Purpura lapillus* L., individus de grande taille, à test très épais, *Bela turricula* Montaigu et *B. Trevellyana* Turton, *Cardium edule* L. Aucun échantillon n'a confirmé la présence de *Trophon antiquum* L., cité à Saint-Aubin. La faune de la plage suspendue de Saint-Aubin n'a donc pas un caractère très accusé de faune froide.

Galets et blocs exotiques de la plage monastirienne. — Les roches dont sont faits beaucoup de galets et surtout de blocs des plages monastiriennes n'ont pas leur gisement dans la région littorale voisine. Comme ceux du Finistère et du nord de la France, ces blocs et galets ont été transportés par des radeaux de glaces de rive. Le transport des nombreux blocs échelonnés sur la côte ouest du Cotentin et sur la côte du Calvados entre Grandcamp et l'embouchure de l'Orne est antérieur à la formation des terrasses à la base desquelles ils se trouvent (Grandcamp).

Terrasses de blocaux et de limons. — Dans le Cotentin, quand ces terrasses sont conservées, elles donnent à la topographie de la région littorale une physionomie caractéristique. Accolées à la *falaise fossile* formée de roches paléozoïques, elles s'y raccordent à partir de l'altitude d'environ 25^{m} par un brusque changement de pente qui est l'origine d'un talus, cultivé ou couvert de pâturages, incliné en pente douce vers la mer. Ce talus a été généralement tronqué par son recul sous l'attaque de la mer et se termine par une falaise qui peut atteindre 18^{m} de hauteur (sous le Petit Beaumont). Des restes de ce talus se prolongent au-dessous du niveau des hautes mers actuelles (Grandcamp, Carteret).

Les éléments des dépôts des terrasses sont exclusivement de provenance locale, formés de roches dont le gisement est immédiatement voisin; ces éléments sont restés anguleux, quelles que soient leurs dimensions. Vers le raccord de la terrasse avec l'ancienne falaise et jusqu'à une assez grande distance de celle-ci, les blocs sont de forte taille, parfois très volumineux, disposés en désordre, comme les éléments des éboulis de pentes; plus loin, les éléments, moins volumineux, ont une tendance à se disposer en couches stratifiées, dans une gangue de limon; ces dépôts incohérents font place, loin de l'ancienne falaise, à des limons jaunâtres, très argileux, stratifiés, avec cordons de pierrailles anguleuses.

Les caractères de cette formation sont ceux de dépôts de ruissellement et d'éboulis de pentes, provenant du voisinage immédiat, et accumulés sur

l'ancienne plate-forme littorale monastirienne. La distribution irrégulière des dépôts résulte de variations dans l'importance du ruissellement, conséquence elle-même à chaque moment et pour chaque point, de l'importance et du caractère des précipitations atmosphériques, et par suite des conditions climatériques.

Aucun débris d'organismes n'a été signalé jusqu'ici dans les dépôts des terrasses littorales du Cotentin. On a trouvé à leur base ou vers leur base des instruments Chelléens en silex (le Heu, la Hougue, Jerd'heux). Dans les limons de la terrasse de Pléneuf, MM. Leclerc et Milon ([1]) ont trouvé une défense d'Éléphant. Les limons de la base des terrasses se sont donc déposés pendant la période froide et humide du Pléistocène, c'est-à-dire que la régression postmonastirienne a débuté au moins pendant la période chelléenne.

A son début la régression marine qui a suivi la surélévation des plages monastiriennes n'a pas été continue; les limons de la terrasse de Grandcamp renferment à 2^m au-dessus de leur base une couche épaisse de 1^m de sables marins à *Littorina obtusa* L.

L'action de la mer sur la tranche de la terrasse littorale s'emploie à rapprocher la configuration de la ligne de rivage de celle de l'époque monastirienne, en exhumant l'ancienne plate-forme marine et la falaise qui la borde. Cette concordance n'est réalisée qu'exceptionnellement dans le Cotentin, autour des parties les plus saillantes du littoral (entre Jobourg et Herqueville, Caps de Flamanville et de Carteret, Pointes du Rosel et de Carolles). Ailleurs la terrasse subsiste, réduite parfois à une bande très étroite et très courte.

M. **A. Rateau** fait hommage à l'Académie du *Discours* qu'il a prononcé dans la séance solennelle tenue le 11 juin 1927, par la Société des Ingénieurs civils de France, pour commémorer le 100e *Anniversaire de la Réalisation industrielle de la Turbine par* Benoit Fourneyron.

M. **J. A. L. Waddell** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Quantities of Materials and Costs par Square Foot of Floor for Highway and Electric-Railway Long-Span Suspension Bridges.*

([1]) Y. Leclerc et Y. Milon, *Découverte d'un gisement fossilifère dans la terrasse fluvio-marine de la plage des Vallées, Pléneuf, Côtes-du-Nord* (*Bull. Soc. Géol. et Min. Bretagne*, 6, 1925, p. 245).

NOMINATIONS.

MM. **Ch. Moureu** et **V. Grignard** sont délégués à la cérémonie du 70e anniversaire de M. *Amé Pictet.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Théorie des invariants intégraux*, par Th. De Donder.

2° *Précis d'Analyse chimique*, par Marcel Boll et Jacques Leroide. Tome I : *Principes généraux; tables numériques;* tome II : *Recherche et dosage des cations.* (Présenté par M. G. Urbain.)

3° *Faune de France.* 16. *Polychètes sédentaires, Addenda aux Errantes, Archiannélides, Myzostomaires*, par Pierre Fauvel. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° F.-J. Duarte. *Nouvelles tables du* Log$n$! *à* 33 *décimales depuis* $n=1$ *jusqu'à* $n=3000$. Avec une *Préface* de M. R. de Montessus de Ballore. (Présenté par M. E. Fichot.)

5° *Économique rationnelle*, par F. Divisia. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

6° *Les hauts salaires*, par F. Bayle. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les épreuves répétées et les formules de Laplace.* Note de MM. **D. Mirimanoff** et **R. Dovaz**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans une Note sur le jeu de pile ou face et les formules de Laplace [1], l'un de nous a indiqué des formules permettant d'évaluer, avec une

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1119.

approximation en général suffisante, l'erreur qu'on commet en calculant la probabilité d'un écart, dans le jeu de pile ou face, à l'aide des formules classiques de Laplace. Nous avons cherché à généraliser ces résultats.

Considérons s épreuves comportant deux événements contradictoires A et B de probabilités constantes p et q. Supposons, pour fixer ces idées, $p < q$. Soit T_l la probabilité d'un écart égal à l. Posons

$$l = t\sqrt{2spq}, \qquad u(s) = \frac{1}{12s} - \frac{\vartheta(s)}{360s^3},$$

$\vartheta(s)$ étant un nombre positif < 1. On établit sans peine l'égalité suivante

$$(1) \qquad T_l = \frac{1}{\sqrt{2\pi spq}} e^{-t^2+F(t)+G(t)},$$

où

$$F(t) = \frac{p\sqrt{2}}{\sqrt{spq}} \int_0^t \frac{\frac{1}{2} - 2ptz + 2pz^2}{1 - \frac{p\sqrt{2}}{\sqrt{spq}} z} dz - \frac{q\sqrt{2}}{\sqrt{spq}} \int_0^t \frac{\frac{1}{2} - 2qtz + 2qz^2}{1 + \frac{q\sqrt{2}}{\sqrt{spq}} z} dz$$

et

$$G(t) = u(s) - u(sp + l) - u(sq - l).$$

1. Supposons $spq \geqq 9$ et $|t| \leqq \sqrt{2}$. Une méthode analogue à celle indiquée dans la Note citée nous a permis de déduire de (1) la formule

$$(2) \quad T_l = \frac{1}{\sqrt{2\pi spq}} e^{-t^2} \left\{ 1 + \frac{t(q-p)}{\sqrt{2spq}} \left(-1 + \frac{2t^2}{3} \right) \right\} + \frac{\varepsilon}{spq\sqrt{spq}}, \qquad \text{où } |\varepsilon| < 0,1.$$

2. Supposons maintenant $spq \geqq 25$. Nous distinguerons trois cas :

a. Si $|t| \leqq \sqrt{2}$, le nombre ε dans (2) vérifie l'inégalité $|\varepsilon| < 0,081$.

b. Si $|t| \leqq 2,2$, $|\varepsilon| < 0,156$ (pour les valeurs négatives de t, $|\varepsilon| < 0,112$). En négligeant le terme en ε, on retrouve les intéressants critères asymptotiques de M. G. Castelnuovo [1].

c. Si $|t| \leqq 2,5$, $|\varepsilon| < 0,213$ (pour les valeurs négatives de t, $|\varepsilon| < 0,113$).

En partant de la formule (2), on obtient une expression approchée de la probabilité $P_{l_1}^{l_2}$ d'un écart compris entre les limites l_1 et l_2. On en tire une limite supérieure de l'erreur qu'on commet en calculant les probabilités, dans les épreuves répétées, à l'aide des formules classiques de Laplace. Un exposé complet de ces recherches paraîtra prochainement.

---

[1] GUIDO CASTELNUOVO, *Calcolo delle probabilità*, 2e édition, **1**, p. 107 (Bologna, N. Zanichelli, 1926).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation d'un théorème de M. Mandelbrojt.* Note de MM. **Widder** et **Gergen**, présentée par M. Jacques Hadamard

Dans une Note récente, M. Mandelbrojt [1] a défini une nouvelle classe de séries de Taylor admettant le cercle de convergence comme coupure. Il démontre que la fonction $\Sigma a_{\lambda_n} x^{\lambda_n}$, $\overline{\lim} \sqrt[\lambda_n]{|a_{\lambda_n}|} = 1$ devient infinie quand x approche des points d'un ensemble partout dense de la circonférence $|x| = 1$ du long d'un rayon, s'il existe un nombre irrationnel φ tel que $\lim_{n=\infty} e^{2\pi i \varphi \lambda_n}$ existe et si $\lim_{n=\infty} a_{\lambda_n} = a \neq 0$. Dans cette Note les auteurs démontrent que la condition que $\lim a_{\lambda_n} = a \neq 0$ peut être remplacée par celle que tous les coefficients a_{λ_n} se trouvent dans un seul quadrant; de plus on démontre, en appliquant ce théorème avec les conditions modifiées, le théorème connu [2] que la série $\Sigma a_{\lambda_n} x^{\lambda_n}$ admet le cercle de convergence comme coupure si $\Sigma \lambda_n^{-\sigma}, 0 < \sigma < 1$, converge.

Théorème A. — *Soit $\{\lambda_n\}$ une suite d'entiers positifs tels que*

$$\lim e^{2\pi i \lambda_n \varphi} = e^{2\pi i \psi}$$

pour un nombre irrationnel φ. Alors, si toutes les quantités complexes a_{λ_n} se trouvent dans un seul quadrant, la série

$$\Sigma a_{\lambda_n} x^{\lambda_n}, \quad \overline{\lim} \sqrt[\lambda_n]{|a_{\lambda_n}|} = 1$$

admet le cercle de rayon un *comme coupure.*

La démonstration de ce théorème est basée sur une forme généralisée du lemme de Cesàro [3] :

Lemme I. — *Soient a_n et b_n deux suites de nombres tels que*

$$a_n \geqq 0, \quad \overline{\lim} \sqrt[n]{a_n} = 1;$$
$$b_n \geqq 0, \quad \overline{\lim} \sqrt[n]{b_n} = 1;$$

---

(1) Mandelbrojt, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1307.

(2) Hadamard et Mandelbrojt *La série de Taylor et son prolongement analytique* (*Scientia*, **12**, V. 1, p. 71).

(3) Borel, *Leçons sur les séries à termes positifs* (Paris, Gauthier-Villars), p. 65.

supposons que Σb_n *diverge, alors*

$$\lim_{x \to 1} \frac{\sum_0^\infty a_n X^n}{\sum_0^\infty b_n X^n} = \infty,$$

où X *approche* 1 *par les valeurs réelles de* X *inférieures à* 1, *à condition que* $\lim_{n=\infty} \frac{a_n}{b_n} = \infty$.

Par intermédiaire de ce lemme, nous pouvons établir le lemme :

Lemme II. — *La fonction définie par la série* $\Sigma a_n X^n$, *avec le rayon de convergence égal à* un, *a le point* un *comme point singulier si* $\overline{\lim} \sqrt[n]{a'_n} = 1$, *la partie réelle* a'_n *de* a_n *étant positive.*

Pour démontrer ce lemme, nous employons un théorème de M. Pólya [1] permettant de construire une fonction entière $g(z)$ de genre zéro telle que la partie réelle de la série $\sum_0^\infty g(n) a_n X^n$ ait des coefficients pour lesquels le lemme I pourra s'appliquer.

La série $\Sigma b_n X^n$ du lemme I est formée d'une manière analogue à celle donnée par M. Mandelbrojt dans la Note citée. Comme les seules singularités de $\Sigma a_n g(n) X^n$ sont les singularités de $\Sigma a_n X^n$ [1] le lemme est démontré.

Le théorème A suit immédiatement de ce lemme, la série $\Sigma a_{\lambda_n} e^{2\pi i \lambda_n \varphi p} x^{\lambda_n}$ avec p entier positif arbitraire ayant le point 1 comme point singulier.

Nous pouvons maintenant en tirer la conséquence suivante qui constitue un fait bien connu. Si $\{\lambda_n\}$ est une suite d'entiers positifs pour lesquels $\Sigma \lambda_n^{-\sigma}$, $0 < \sigma < 1$ converge, alors la fonction $\sum_{n=0} a_{\lambda_n} x^{\lambda_n}$, avec le rayon de convergence égal à 1, admet le cercle de convergence comme coupure.

On peut, en effet, extraire de la suite $\{a_{\lambda_n}\}$ une suite $\{a_{\gamma_n}\}$ satisfaisant aux conditions du théorème.

Appliquons maintenant la méthode de M. Faber, en construisant une fonction entière

$$g(z) = \Pi\left(1 - \frac{z}{\gamma'_n}\right)^2,$$

---

[1] Pólya, *Acta mathematica*, 41, 1916-1918, p. 99.

où $\{\gamma_n\}$ est complémentaire à $\{\gamma_n\}$ par rapport à $\{\lambda_n\}$, et en remarquant que $\Sigma g(\lambda_n) a_{\lambda_n} X^{\lambda_n}$ n'a pas d'autres points singuliers que $\Sigma a_{\lambda_n} X^{\lambda_n}$. Nous obtenons le résultat voulu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les coefficients des séries de Taylor usuelles.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Nous considérons dans ce qui suit une série de Taylor

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots, \tag{1}$$

de rayon de convergence égal à 1.

1. Si la fonction définie par (1) est uniforme et n'admet dans tout le plan, infini compris, que le seul point singulier $z = 1$, on sait d'après le théorème de Leau, Wigert et Faber, que a_n est la valeur pour $x = n$ d'une fonction entière $g(x)$ qui est au plus du type minimum de l'ordre 1 : on a

$$|g(x)| < e^{\varepsilon |x|},$$

quel que soit ε, dès que $|x|$ est assez grand. En appliquant alors le théorème sur le minimum du module sous la forme que j'ai indiquée ailleurs [1], on trouve que

$$\sqrt[n]{|a_n|} \tag{2}$$

tend en moyenne vers 1, *d'une façon exacte, l'expression*

$$\frac{1}{n} \sum_{1}^{n} \sqrt[p]{|a_p|} \tag{3}$$

tend vers 1 *lorsque n croît indéfiniment.* Ce résultat reste valable pour toute série (1) représentant une fonction qui n'admet, sur la circonférence $|z| = 1$, qu'un seul point singulier autour duquel elle est uniforme. Il renferme ceux donnés récemment par MM. Obrechkoff [2] et Popoff [3]; en outre la propriété de (2) complète les résultats de M. Minetti [4] : *la seule hypothèse*

---

[1] *Bulletin des Sciences math.*, **46**, 1922, p. 432.
[2] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 307.
[3] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 369.
[4] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1596, et **183**, 1926, p. 414.

faite sur les a_n entraîne que le rayon de convergence est 1 et l'on est par suite dans le cas de Wigert et Faber.

2. Lorsque les seuls points singuliers sur la circonférence $|z|=1$ sont des pôles, un calcul simple conduit au résultat de M. Carlson [1] : si α est l'ordre maxima de ces pôles et si q est le nombre des pôles d'ordre α, on a

$$|a_n|+\ldots+|a_{n+q-1}|>\beta n^{q-1} \qquad (\beta>0,\ n>n_0).$$

Il s'ensuit que, dans ce cas, la plus petite limite pour n infini de l'expression (3) est au moins égale à $\frac{1}{q}$. Lorsque q est égal à 2 ou à 3 la quantité (3) tend encore en moyenne vers 1 sauf lorsque ces pôles ont des arguments dont les différences 2 à 2 sont commensurables à π; dans ce dernier cas, (2) tend encore en moyenne vers un nombre rationnel. Pour q supérieur à 3 je n'ai pu reconnaître si (3) tend toujours vers une limite, l'abaissement peut alors se produire même si les différences d'arguments ne sont pas toutes commensurables à π. Ce problème est lié à l'étude approfondie des zéros des sommes d'exponentielles.

Ces résultats s'étendent de suite au cas où l'on remplace les pôles par les dérivées généralisées de $\frac{1}{z-e^{i\alpha}}$. Parmi d'autres résultats analogues je signalerai le suivant : (3) tend vers 1 lorsque $f(z)=(z-1)^{\beta}F(z)$, $F(z)$ étant holomorphe pour $|z|<R$ avec $R>2$.

Dans tous ces cas, l'expression

$$(4) \qquad \frac{|a_n|}{|a_0|+|a_1|+\ldots+|a_n|},$$

dont l'introduction découle de la considération du rapport de Dalembert, tend toujours vers zéro; mais il semble difficile de reconnaître s'il en est toujours ainsi dans le cas du point essentiel [2].

3. Ces faits conduisent à penser que, pour toutes les fonctions qui s'introduisent naturellement en analyse, l'expression (3) tend vers une limite, ou que, tout au moins, sa limite inférieure d'indétermination est positive, tandis que (4) tendrait vers zéro. Le problème qui se pose ainsi est assez analogue à celui qui a été soulevé par M. Borel il y a trente ans et qui est encore loin d'être résolu : reconnaître si toutes les fonctions entières qui s'introduisent naturellement en analyse sont à croissance régulière.

---

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1677.

(2) On pourra comparer ces résultats à ceux du Chapitre VI de l'Ouvrage de MM. Hadamard et Mandelbrojt : *La série de Taylor et son prolongement analytique*, 2e édition, **1** (Paris, Gauthier-Villars, 1926).

La principale difficulté qui se présente dans ce genre de questions provient, à mon avis, de ce qu'il semble difficile de ne pas admettre que, si deux fonctions sont considérées comme s'introduisant naturellement, il en est de même de leur somme et de leur produit. Dans ces conditions il importe de vérifier, à chaque introduction nouvelle, que les résultats des opérations arithmétiques effectuées avec la nouvelle fonction et les fonctions anciennement définies appartiennent encore à la classe considérée. Si l'on adopte cette manière de voir, on voit que, en dépit des recherches faites jusqu'ici, on ne peut pas encore affirmer que les fonctions définies par les équations différentielles linéaires ou par les équations de M. Painlevé ne permettent pas d'introduire des fonctions entières à croissance irrégulière.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés des ensembles projectifs.* Note de M. **W. Sierpinski**, présentée par M. Émile Borel.

Les ensembles projectifs de M. N. Lusin (¹) peuvent être considérés comme ensembles de points qu'on obtient en partant des ensembles fermés, situés dans un espace euclidien à un nombre fini de dimensions, et en appliquant un nombre fini de fois (dans un ordre quelconque) les opérations de projeter un ensemble et de prendre le complémentaire d'un ensemble.

Les propriétés des ensembles projectifs sont encore peu étudiées; dans cette Note nous en énoncerons quelques-unes, dont les démonstrations détaillées paraîtront dans les journaux spéciaux.

Définitions et notations. — $(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}, x_m)$ étant un point dans l'espace euclidien à $m > 1$ dimensions, nous appellerons *projection* de ce point le point $(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})$ de l'espace à $m-1$ dimensions. E étant un ensemble donné dans l'espace R_m à m dimensions, nous appellerons *projection* de E, et nous désignerons par PE, l'ensemble de toutes les projections de points de l'ensemble E. Par CE nous désignerons le complémentaire de l'ensemble E par rapport à l'espace R_m.

Nous appellerons *ensembles* P_0, respectivement C_0 de l'espace à m dimensions, les ensembles de la forme

$$\text{PF, resp. CPF,}$$

(¹) N. Lusin, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1574 et 1817; *Fundamenta Mathematicae*, **10**, 1927, p. 89-94.

où F est un ensemble fermé (borné ou non) situé dans l'espace à $m+1$ dimensions.

On démontre sans peine que les ensembles P_0 coïncident avec les ensembles F_σ de M. Hausdorff (ensembles O de classe $\leqq 1$ de M. Lebesgue) et les ensembles C_0 avec les ensembles G_δ (ensembles F de classe $\leqq 1$ de M. Lebesgue).

Les ensembles P_n et C_n de l'espace à m dimensions seront définis (pour $n = 1, 2, 3, \ldots$) par l'induction : ce sont les ensembles de la forme

$$PE, \text{ resp. } CPE,$$

où E est un ensemble C_{n-1} de l'espace à $m+1$ dimensions.

Les ensembles P_1 coïncident avec les ensembles (A) (analytiques) de MM. Souslin et Lusin.

Les ensembles projectifs de classe $n > 1$ de M. Lusin coïncident avec les ensembles qui sont soit P_n, soit C_n et qui ne sont ni P_{n-1}, ni C_{n-1}.

Propriétés des ensembles P_n *et* C_n.

I. *Il existe, pour tout nombre naturel n, un ensemble de nombres réels* H_n *qui est un* C_{n-1}, *tel que les ensembles* P_n (*de l'espace à m dimensions*) *coïncident avec les images univoques et continues* (*dans un sens*) *de l'ensemble* H_n (¹).

II. *Tout ensemble* P_n *et tout ensemble* C_n *est à la fois un* P_{n+1} *et un* C_{n+1} (pour $n = 0, 1, 2, \ldots$).

III. *La somme et le produit d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable d'ensembles* P_n (*resp.* C_n) *est un* P_n (*resp.* C_n), pour $n = 1, 2, 3, \ldots$ (²).

IV. *Un ensemble homéomorphe d'un ensemble* P_n (*resp.* C_n) *est un* P_n (*resp.* C_n).

V. *Il existe pour tout n naturel un ensemble* P_n (*resp.* C_n) *qui n'est ni un* P_{n-1}, *ni un* C_{n-1}.

Les ensembles projectifs et le crible de M. Lusin.

E étant un ensemble de points donné quelconque, situé dans le demi-plan $y > 0$, désignons H(E) et appelons *ensemble criblé au moyen du crible* E (³) l'ensemble de tous les nombres réels x, tels que la perpendiculaire élevée en x à l'axe OX coupe l'ensemble E en un ensemble de points (non vide) qui *n'est pas bien ordonné* à l'aide de cette convention que le rang des points soit conforme à la direction positive de l'axe OY.

(¹) Cf. *Fund. Math.*, **11**, p. 122.

(²) Cf. *Fund. Math.*, **11**, p. 126.

(³) Cf. N. Lusin, *Fund. Math.*, **10**, p. 10.

VI. *Les ensembles* P_n *linéaires coïncident avec les ensembles* H(E), *où* E *sont des ensembles* C_{n-1} *plans* (pour $n = 1, 2, 3, \ldots$).

VII. *Si* E *est un ensemble* P_n *plan*, $H(\varepsilon)$ *est un ensemble* P_n *linéaire*.

VIII. *Les ensembles* (A) *linéaires coïncident avec les ensembles* H(E), *où* E *sont des ensembles plans fermés*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarques sur les ensembles projectifs.* Note de M. N. LUSIN, présentée par M. Émile Borel.

1. En 1898, M. Émile Borel a écrit, dans ses premières *Leçons sur la théorie des fonctions* : « Si l'on regarde un ensemble quelconque comme donné, on pourra regarder comme donnés tous les ensembles de même puissance. » C'est ce principe qui nous permet de regarder comme donné l'ensemble E des valeurs que prend une fonction $f(x)$ « donnée » si nous regardons comme donné l'ensemble $(-\infty, +\infty)$ formé de tous les nombres réels. Le sens de ce principe est parfaitement clair : on obtient un élément *arbitraire* de E en effectuant l'opération $f(x)$ sur un élément *arbitraire* x de l'ensemble $(-\infty, +\infty)$ qu'on regarde comme donné. Mais rien ne justifie l'extension de ce principe aux ensembles complémentaires des ensembles « donnés » si nous ne pouvons pas transformer une définition *négative* d'un tel ensemble en une définition *positive*. Pendant qu'on obtient *tous* les éléments de E en effectuant l'opération f sur *tous* les nombres réels, nous ne possédons aucun procédé régulier pour reconnaître si un nombre réel y_0 donné appartient ou non au complémentaire de E, et l'on peut fort douter qu'on puisse donner une solution générale de ce problème. C'est là précisément le cas d'ensembles projectifs.

2. Des difficultés ont paru déjà dans le cas des ensembles analytiques. On sait que tout ensemble analytique linéaire E peut être défini comme l'ensemble des valeurs que prend une fonction $f(x)$ continue du côté droit en *chaque* point x. D'ailleurs, chacune de ces fonctions $f(x)$ est discontinue seulement pour une infinité énumérable de valeurs de x et est évidemment parfaitement définie par la connaissance seule de ses valeurs dans les points rationnels. Donc, la fonction f et l'ensemble E avec son complémentaire CE sont tous définis au moyen d'une infinité effectivement énumérable de conditions. Mais la solution du problème : *reconnaître si un nombre réel donné* y_0 *appartient ou non à* CE, exige une infinité dénombrable d'opérations rangées dans une suite bien ordonnée dont la borne supérieure *n'est pas connue d'avance*. Cette borne existe sûrement si l'ensemble E est mesurable B et n'existe pas dans le cas contraire de manière que la connaissance complète

de l'ensemble CE est, dans ce cas, rigoureusement équivalente à celle de la totalité des nombres transfinis de seconde classe.

3. Mais il y a plus : partout où un problème mathématique est mis sous forme finie, c'est-à-dire les êtres de ce problème sont définis chacun au moyen d'un nombre fini de conditions et sont en nombre fini, on peut espérer d'avoir une solution *finie* de ce problème. Tel est, par exemple, le cas du problème : reconnaître si un système donné de m équations linéaires à n inconnues est compatible ou non. L'infinité des épreuves ayant la puissance du continu ne paraît pas la vraie solution du problème. Et nous avons un cas analogue dans le problème : reconnaître si une série à termes positifs donnée est convergente ou non. Ce problème a le caractère énumérable, et l'on aurait bien tort de regarder comme une solution une infinité d'épreuves ayant la puissance du continu.

Dès que tout ensemble analytique est défini au moyen d'une infinité effectivement énumérable de conditions, il est très naturel de chercher une solution ayant un caractère énumérable pour chacun des trois problèmes suivants :

I. Étant donnée $f(x)$, reconnaître si l'ensemble complémentaire CE est vide ou non;

II. L'ensemble CE étant non vide, reconnaître s'il est dénombrable ou non;

III. L'ensemble CE étant non dénombrable, reconnaître s'il contient ou non un ensemble parfait.

En réalité il n'existe aucun algorithme régulier n'utilisant que les valeurs de f dans les points rationnels et qui donne la solution d'un de ces trois problèmes.

4. Les choses deviennent beaucoup plus compliquées s'il s'agit des ensembles et des fonctions projectifs. Si la courbe $y=f(x)$ est un ensemble plan projectif, il est impossible de reconnaître, au moyen d'une infinité dénombrable d'opérations, si l'équation $y_0=f(x)$ a ou non une racine : il faut effectuer une infinité d'opérations dont la puissance est celle du continu et il y a beaucoup de chances que ces épreuves soient indépendantes les unes des autres bien que f soit définissable au moyen d'une infinité énumérable de conditions. L'inapplicabilité des modes de raisonnement classiques à la résolution des problèmes indiqués tient, à mon avis, à ce que les ensembles projectifs utilisent une opération toute négative : prendre le complémentaire, et ne sont pas de vrais ensembles malgré leur caractère dénombrable.

5. Pour finir, je dois indiquer que je dois la première idée d'ensemble

projectif à M. Henri Lebesgue. Mais la première publication sur ce sujet appartient à M. Sierpinski qui a fait signaler avant moi très nettement dans son article des *Fund. Math.*, t. 8 (*Sur une classe d'ensembles*) des difficultés que soulèvent les ensembles projectifs les plus simples.

Remarques sur les Notes de MM. Sierpinski *et* Lusin, par M. **Émile Borel.**

La Note de M. Sierpinski m'a été remise par l'intermédiaire de M. Lusin, qui a tenu à y joindre des remarques fort intéressantes. Ces deux Notes mettent en opposition une fois de plus le point de vue idéaliste que soutiennent avec un grand talent M. Zermelo et M. Sierpinski, et le point de vue réaliste auquel je me suis placé et au service duquel M. Lusin a mis ses éminentes qualités d'analyste.

HYDRODYNAMIQUE. — *Déversoir en mince paroi, calcul du débit.* Note [1] de M. **J. Grialou.**

La présente Note a pour but d'établir rationnellement la formule du débit d'un déversoir en mince paroi, dans le cas simple d'un liquide parfait contenu dans un canal à fond horizontal et de largeur indéfinie; la hauteur du liquide au-dessus du fond horizontal du canal est maintenue, malgré l'écoulement, à une hauteur constante H mesurée à grande distance du déversoir (théoriquement à l'infini). L'écoulement a lieu sur la crête C, infiniment mince, d'une paroi verticale OC, perpendiculaire à la direction des filets liquides; la hauteur OC de cette paroi verticale au-dessus du fond horizontal Ox du canal est égale à $P < H$; la hauteur OB de la lame déversante au droit du déversoir OC est $Z < H$; $Z - P$ est la hauteur de la lame déversante.

On doit avoir, en désignant par η le tourbillon,

$$\frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta w}{w} = c^2, \qquad 2\frac{\partial \eta}{\partial z} = \Delta u = c^2 u, \qquad 2\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\Delta w = -c^2 w.$$

En posant $u = -\varphi(z) - f(x)\Phi'(z)$ et en appliquant l'équation de con-

(1) Séance du 20 septembre 1927.

tinuité $\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$, il viendra successivement :

$$w=F(x)+f'(x)\Phi(z),$$

$$2\eta=\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{\partial w}{\partial x}=-[f(x)\Phi''(z)+f''(x)\Phi(z)+F'(x)+\varphi'(z)],$$

$$-2\frac{\partial \eta}{\partial z}=\Delta u=-[f(x)\Phi'''(z)+f''(x)\Phi'(z)+\varphi''(z)]=-c^2[\varphi(z)+f(x)\Phi'(z)],$$

$$2\frac{\partial \eta}{\partial x}=\Delta w=\quad f'(x)\Phi''(z)+f'''(x)\Phi(z)+F''(z)\;=c^2[f'(x)\Phi(z)+F(x)].$$

On en déduit facilement :

$$u=-[Ae^{cz}+Be^{-cz}+me^{-nx}(Me^{mz}-Ne^{-mz})],$$
$$w=De^{-cx}-ne^{-nx}(Me^{mz}+Ne^{-mz}),$$

avec $c^2-n^2=m^2$, A, B, D, M, N, c et n étant des constantes arbitraires. (On remarquera que w devient bien nulle pour $x=\infty$.)

On a ainsi sept constantes arbitraires à déterminer et comme la hauteur Z de la lame déversante, au droit du déversoir, est aussi inconnue, cela porte à huit le nombre des inconnues.

On obtient facilement sept équations de condition, mais non huit; on peut, par suite, disposer d'une des arbitraires, par exemple c, qu'on fera égale à 1, ce qui permettra de calculer immédiatement le débit Q par unité de largeur du canal.

1° L'équation générale des trajectoires est

$$Ae^{cz}-Be^{-cz}+ce^{-nx}(Me^{mz}+Ne^{-mz})-De^{-cx}=\text{const.}$$

Appliquant cette équation successivement à la surface libre AB et à la trajectoire inférieure EC, on aura les deux conditions ci-après :

$$(\alpha)\qquad Ae^{cH}-Be^{-cH}=Ae^{cZ}-Be^{-cZ}+c(Me^{mZ}+Ne^{-mZ})-D,$$
$$(\beta)\qquad A-B=Ae^{cP}-Be^{-cP}+c(Me^{mP}+Ne^{-mP})-D.$$

2° Sur la trajectoire inférieure EC, on a

$$z+\frac{p}{\Pi}+\frac{V^2}{2g}=\text{const.}\qquad\text{et}\qquad z+\frac{p}{\Pi}=\text{une autre constante},$$

ce qui montre que V est constant tout le long de cette trajectoire. On a, par suite, p_1 étant la pression en C, contre la paroi interne du barrage et

p_0 la pression atmosphérique

$$H + \frac{p_0}{\Pi} = P + \frac{p_1}{\Pi}; \qquad w_{0P} = \sqrt{2g\left(\frac{p_1 - p_0}{\Pi}\right)} = \sqrt{2g(H-P)},$$

(γ) et (δ) $w_{0P} = \sqrt{2g(H-P)} = D - n(Me^{mP} + Ne^{-mP}) = u_{0\infty} = -(A+B)$.

3° En C, la veine liquide devant sortir tangentiellement à la paroi verticale OC du barrage, on aura $u = 0$ pour $x = 0$, $z = P$, soit

$$(\varepsilon) \qquad O = Ae^{cP} + Be^{-cP} + m(Me^{mP} + Ne^{-mP}).$$

4° On aura, sur la surface libre, $u = 0$ pour $x = \infty$, soit

$$(\varphi) \qquad O = Ae^{cH} + Be^{-cH}.$$

5° Enfin, en appliquant le théorème de Bernoulli sur la surface libre, où règne la pression atmosphérique p, on aura

$$(\lambda) \qquad 2g(H-z) = V_{0z}^2.$$

On a ainsi sept équations de condition pour la détermination des sept inconnues A, B, D, n, M, N et Z ($m^2 = 1 - n^2$ avec $c = 1$).

Le débit Q, par unité de largeur, aura pour expression :

$$Q = \int_0^H u_\infty \, dz = -\int_0^H (Ae^z + Be^{-z})\, dz = -(Ae^H - Be^{-H} - A + B) = A(e^H - 1)^2.$$

Or, d'après (γ) et (δ), $\sqrt{2g(H-P)} = A(e^{2H} - 1)$. Par suite

$$(1) \qquad Q = \sqrt{2g(H-P)}\,\frac{(e^H-1)^2}{e^{2H}-1} = \boxed{\sqrt{2g(H-P)}\,\frac{e^H-1}{e^H+1}},$$

$$(1') \qquad Q = \frac{H}{2}\sqrt{2g(H-P)}\,\frac{1 + \dfrac{H}{1.2} + \dfrac{H^2}{1.2.3} + \dfrac{H^3}{1.2.3.4} + \ldots}{1 + \dfrac{H}{1.2} + \dfrac{H^2}{1.2.2} + \dfrac{H^3}{1.2.2.3} + \ldots} < \frac{H}{2}\sqrt{2g(H-P)}.$$

Faisant $P = 0$, $H = H'$, on a

$$Q < \frac{1}{2}\sqrt{2g}\,H'^{\frac{3}{2}} < 2,21\,H'^{\frac{3}{2}}.$$

On trouve expérimentalement $Q = 1,78\,H'^{\frac{3}{2}}$, ce qui confirme le résultat donné par la formule (1).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un problème de variation.* Note de M. D. **Riabouchinsky**, présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons calculé dans une Note précédente [1] l'expression de la variation de l'énergie cinétique T du mouvement absolu d'un fluide quand les éléments des parois Σ qui limitent le fluide intérieurement et extérieurement subissent des déplacements virtuels δn transformant la surface Σ en une surface infiniment voisine Σ'. Nous supposions que le mouvement du fluide est permanent par rapport à un système d'axes animé d'une vitesse de translation U et que le potentiel des vitesses est uniforme. Si cette dernière condition n'est pas satisfaite, et en introduisant la variation de l'énergie potentielle P, on obtient en appliquant le même raisonnement [2] :

$$(1)\quad \delta(\mathrm{T}+\mathrm{P}+\rho\varkappa\chi) = -\frac{1}{2}\rho\int\int_{\Sigma}\varphi'\frac{\partial\delta\varphi}{\partial n}\,d\sigma - \int\int_{\Sigma}\left(\frac{1}{2}\rho\,\mathrm{U}^2+\rho\,\mathrm{V}\right)\delta n\,d\sigma + \frac{1}{2}\rho\varkappa\frac{\partial\varphi'}{\partial n}\delta\sigma_1$$

où $\varkappa$ est une constante cyclique, χ le flux relatif à travers la cloison σ_1 rendant le volume occupé par le fluide simplement connexe et V le potentiel des forces agissant sur l'unité de masse. En calculant $\delta\chi$ il faut se rappeler que la déformation de Σ peut déterminer une variation de la superficie de la cloison σ_1, cette dernière devant continuer à prendre naissance sur la paroi déformée,

$$\delta\chi = \int_{\sigma_1}\frac{\partial\delta\varphi}{\partial n}\,d\sigma_1 + \frac{\partial\varphi'}{\partial n}\delta\sigma_1.$$

En utilisant l'expression de $\frac{\partial\delta\varphi}{\partial n}$ calculée dans la Note citée, en intégrant par parties et en tenant compte de l'équation de continuité et de la non-uniformité de φ', on a

$$(2)\quad -\frac{1}{2}\rho\int\int\varphi'\frac{\partial\delta\varphi}{\partial n}\,d\sigma + \frac{1}{2}\rho\varkappa\frac{\partial\varphi'}{\partial n}\delta\sigma_1 = \frac{1}{2}\rho\int\int_{\Sigma}q'^2\,\delta n\,d\sigma,$$

où q' est la vitesse relative.

---

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 180.

[2] Nous supposons, pour simplifier les formules, qu'il n'y a qu'une seule constante cyclique et que la vitesse U et la circulation $\varkappa$ ne subissent pas de variation. En raison de cette convention, on a $\varphi'_1 - \varphi' = (\varphi_1 - \mathrm{U}x) - (\varphi - \mathrm{U}x) = \varphi_1 - \varphi$ et, par conséquent, $\delta\varphi' = \delta\varphi$; les variations des potentiels des mouvements relatif et absolu ne diffèrent pas.

En raison des équations (1), (2) et de l'intégrale de Bernoulli, et en désignant par δH la première partie de l'équation (1), il vient

$$(3)\quad \delta H = \int\int_{\Sigma}\left[\frac{1}{2}\rho(q'^2 - U^2) - \rho V\right]\delta n\, d\sigma = -\int\int_{\Sigma}(p + \text{const.})\,\delta n\, d\sigma \quad (^1).$$

Imaginons que sur la portion Σ_1 de la surface Σ la pression $p = \text{const.}$ et que les éléments de Σ_1 subissent des déplacements virtuels quelconques, tandis que les autres éléments superficiels de Σ ne subissent aucun déplacement. On obtient ainsi

$$(4)\qquad \delta H - c\,\delta v = 0, \qquad c = \frac{1}{2}\rho q'^2 - \frac{1}{2}\rho U^2 - \rho V, \qquad \delta v = \int\int_{\Sigma_1}\delta n\, d\sigma,$$

où c est une constante. Il résulte de l'équation (3), en raison d'un lemme fondamental du calcul des variations ([2]), que, pour que la portion Σ_1 de la surface Σ soit une surface de pression constante, il faut et il suffit que $\delta H = 0$ pour toute déformation virtuelle de Σ_1 compatible avec la condition $\delta v = 0$.

Σ_1 est soit une portion de la paroi d'un solide, soit une surface de glissement dans un fluide, soit une surface libre quelconque. Les équations (3), (4) peuvent être utilisées pour calculer la forme de Σ_1. Le cas où $c = 0$ doit être traité comme cas limite; il faudra d'abord modifier les conditions du problème de façon que c ne soit pas nulle et passer ensuite à la limite pour $c \to 0$.

Lorsque la surface Σ_1 rend H minimum et est une surface fluide, le mouvement est instable. En effet pour que $\delta^2 H$ soit positive il faut que la pression tende à augmenter dans les creux, qui correspondent aux δn négatifs, et à diminuer dans les parties convexes correspondant aux δn positifs; dans ces conditions une déformation naissante tendra à s'accentuer.

---

(1) En supposant que le mouvement est à deux dimensions et que Σ est la paroi d'un solide, en remplaçant dans l'équation (3) δn par $\cos\widehat{nx}\,\delta a$, $\cos\widehat{ny}\,\delta b$, $(x\cos\widehat{ny} - y\cos\widehat{nx})\,\delta\alpha$, et en nommant X, Y, $\mathfrak{M}$ les composantes de la force et le couple agissant sur le solide, on a

$$X = \frac{\partial H}{\partial a} = 0, \qquad Y = \frac{\partial H}{\partial b}, \qquad \mathfrak{M} = \frac{\partial H}{\partial \alpha}.$$

Ces équations, que j'avais déjà obtenues antérieurement (*Thèse*, p. 112), généralisent le théorème de Kutta-Joukowsky car elles peuvent être appliquées dans les cas où le fluide est limité par des parois parallèles au mouvement du solide.

(2) E. Goursat, *Analyse*, 3, 1923, p. 577.

AÉRODYNAMIQUE. — *Méthode générale pour le tracé des profils d'aviation.* Note de M. **Elie Carafoli**, présentée par M. Rateau,

On démontre que la fonction analytique permettant la transformation d'un cercle en un profil d'aile sustentatrice est de la forme générale suivante :

$$z=\zeta+\frac{\varkappa_1}{\zeta}+\frac{\varkappa_2}{\zeta^2}+\ldots+\frac{\varkappa_n}{\zeta^n},$$

où $z=x+iy$ et $\zeta=\xi+i\eta$ sont respectivement les plans du profil et du cercle, et $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\ldots$, $\varkappa_n$ des constantes complexes satisfaisant à certaines conditions (1).

Par un changement d'axes, l'expression peut se mettre sous la forme

$$z=\zeta+\frac{c^2}{\zeta}+\sum_{n=2}^{n}\frac{\varkappa_n}{\zeta^n},$$

où c^2 est une coustante réelle; soient Oxy le nouveau système d'axes, M le centre du cercle générateur, B_1 son intersection avec l'axe Ox et B' le point du cercle qui correspond à la *pointe* du profil. La transformation

$$\zeta_1=\frac{c^2}{\zeta}$$

représente un autre cercle qui passe par C_1 tel que $\overline{OC_1}\times\overline{OB_1}=c^2$ et dont le centre M_1 se trouve sur la droite OM_1, symétrique de OM par rapport à Oy, et sur une parallèle à B_1M menée de C_1.

La composition des vecteurs $\overline{OP'}$ et $\overline{OQ'}$ donne le point P provenant des deux premiers termes du deuxième membre de l'expression.

Il reste à ajouter à ce point P les vecteurs correspondant à des termes qu'on détermine en remarquant que, pour le point B' $(\zeta=-\overline{OB'}\,e^{-i\gamma})$, qui correspond à la *pointe* du profil, on a

$$\left(\frac{dz}{d\zeta}\right)_{B'}=\frac{\zeta-\dfrac{c^2}{\zeta}-\sum\dfrac{n\varkappa_n}{\zeta^n}}{\zeta}=0.$$

Le point C' est le conséquent de B' sur le cercle auxiliaire M_1 et, par

(1) L. von Mises, *Zur Theorie des Tragflächenauftriebes* (*Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt*, **1**, 1920, p. 87).

suite, $\overline{C'B'}\,e^{i\sigma_n}$ représente $\zeta - \frac{c^2}{\zeta}$, d'où il en résulte

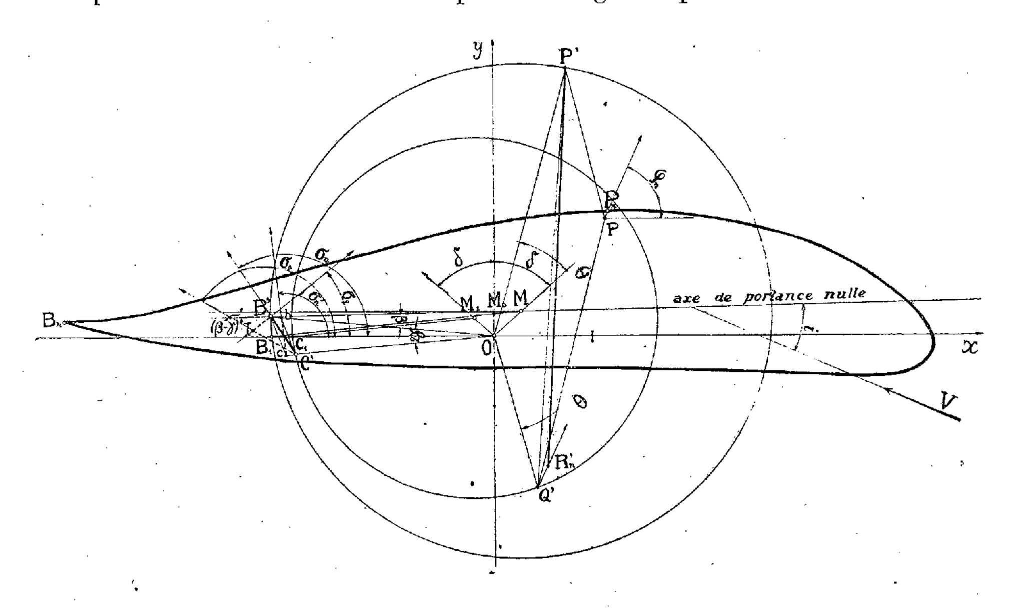
$$\left(\sum \frac{n\varkappa_n}{\zeta^n}\right)_{B'} = \sum \frac{n\varkappa_n}{(-1)^n \overline{OB'}^n e^{-ni\gamma}} = \overline{C'B'}\,e^{i\sigma_n}$$

et $\varkappa_p = (-1)^p \frac{\overline{C'I}}{p} \overline{OB'}^p e^{i(\sigma_p - p\gamma)}, \quad \varkappa_q = (-1)^q \frac{\overline{IB'}}{q} \overline{OB'}^q e^{i(\sigma_q - q\gamma)}, \quad \ldots$

Dans le cas spécial où $\sum \frac{\varkappa_n}{\zeta^n} = \frac{\varkappa_n}{\zeta^n}$, on aura $\varkappa_n = (-1)^n \frac{\overline{C'B'}}{n} \overline{OB'^n}\, e^{i(\sigma_n - n\gamma)}$.

Pour obtenir un profil à bord de sortie arrondi, on prendra, sur OB′, et très près de B′, un point b, on déterminera sur OC′ le point $c\,(\overline{OB'} \times \overline{OC'} = \overline{Ob} \times \overline{Oc})$ et l'on aura dans ce cas $\varkappa'_n = (-1)^n \frac{\overline{cb}}{n} \overline{Ob^n}\, e^{i(\sigma'_n - n\gamma)}$.

Quant au point B′, qui nous apparaît arbitraire jusqu'ici, il sera déterminé par la valeur du moment imposé à l'angle de portance nulle.



L'expression du coefficient unitaire de ce moment est

$$Cm_0 = \sim 0{,}0275\,(\beta - \gamma)^0,$$

de sorte que la droite MB′ fait l'angle $(\beta - \gamma)$ avec Ox.

Le tracé du profil peut être résumé de la manière suivante :

On prend, dans la direction négative de l'axe Ox, un segment OB_1, égal à l'unité par exemple, et, sur la droite B_1M_0, un point M comme centre du

cercle générateur ayant $\overline{MB_1}$ comme rayon. D'un point C_1 on mène une parallèle à B_1M et son point d'intersection avec la droite OM_1, symétrique de OM par rapport à Oy, sera le centre M_1 du cercle auxiliaire qui passe par C_1. Les vecteurs OP' et OQ' nous donnent le point P. On mène ensuite une droite MB' qui fait l'angle $(\beta - \gamma)^0$ avec Ox, et la droite OC', symétrique de OB' par rapport à Ox, nous détermine le point C' sur le cercle auxiliaire. Le vecteur à ajouter au point P aura comme grandeur et direction

$$\left|\frac{\varkappa_n}{\zeta^n}\right| = (-1)^n \frac{\overline{C'B'}}{n} \left(\frac{\overline{OB'}}{\overline{OP'}}\right)^n,$$
$$\varphi_n = \sigma_n - n\gamma - n\theta.$$

Dans le cas d'un profil à *pointe arrondie*, ces valeurs seront respectivement

$$\left|\frac{\varkappa'_n}{\zeta^n}\right| = (-1)^n \left(\frac{\overline{cb}}{\overline{OP'}}\right)^n,$$
$$\varphi'_n = \sigma'_n - n\gamma - n\theta.$$

Ainsi la méthode est très générale et la technique du tracé se simplifie remarquablement. En outre, la méthode définit d'une manière bien déterminée les paramètres qui font évoluer la forme du profil. Ces paramètres seraient, pour un même Cm_0, $\overline{OM_0}$, $\overline{M_0M}$, $\overline{B_1C_1}$ et le nombre des termes de $\sum \frac{\varkappa_n}{\zeta^n}$, ou le nombre n dans le cas d'un seul terme.

CHALEUR. — *Sur la mesure des conductibilités thermiques des métaux. Méthode du point de température stationnaire.* Note de MM. **Pierre Vernotte** et **Marcel Pellegrin**, présentée par M. A. Cotton.

Kohlrausch a proposé en 1899 de déterminer la conductibilité thermique d'un métal, ou plutôt le rapport $\frac{k}{\sigma}$ de ses conductibilités thermique et électrique (supposées indépendantes de la température), en mesurant la différence de potentiel e entre les deux extrémités d'un barreau de ce métal parcouru par un courant électrique I, et la différence de température v entre le milieu du barreau et ses extrémités. Si l'on suppose la surface latérale très bien protégée thermiquement et le montage parfaitement symétrique, le maximum de température sera juste au milieu et le flux de

chaleur vers les deux extrémités sera symétrique; la distribution des températures est alors donnée, en régime permanent, par une équation qui, intégrée, conduit à la relation $\frac{k}{\sigma} = \frac{e^2}{8\nu}$.

Ce principe a été utilisé par un grand nombre d'expérimentateurs. En étudiant sa mise en œuvre, il nous a semblé qu'il y avait lieu d'améliorer tant la théorie de la méthode que son application expérimentale.

Il faut tenir compte des pertes de chaleur latérales et des variations de k et σ en fonction de la température; il faut aussi pouvoir faire la mesure sans postuler la symétrie par rapport au milieu du barreau, que l'on n'obtient pas en général.

Soient s la section du barreau, $V(x)$ la température de la tranche d'abscisse x, et T_0 la température supposée uniforme [1] de l'enceinte cylindrique entourant le barreau. Appelons $H(V, x, T_0)dx$ la puissance dissipée par la surface latérale d'un petit élément du barreau.

L'équation du régime permanent

$$-s\frac{d}{dx}\left(k\frac{dV}{dx}\right) + H = \frac{I^2}{s\sigma}$$

donne

$$-sk\frac{d^2V}{dx^2} - s\frac{dk}{dV}\left(\frac{dV}{dx}\right)^2 + H - \frac{I^2}{s\sigma} = 0,$$

et se simplifie, au point de température stationnaire $\left(\frac{dV}{dx} = 0\right)$, sous la forme $-sk_0\left(\frac{d^2V}{dx^2}\right)_0 + H_0 - \frac{I^2}{s\sigma_0} = 0$. Nous prendrons ce point de température stationnaire comme origine des abscisses x, et H_0 n'est alors que le terme constant du développement de H en fonction de x : il ne dépend évidemment que de V_0 et de T_0, soit $H_0 = h(V_0, T_0)$ et s'annule d'ailleurs visiblement pour $V_0 - T_0 = 0$. L'équation ne fait plus intervenir que les propriétés au point de température stationnaire, et, pour déterminer le produit $k_0\sigma_0$, il suffit d'éliminer le terme inconnu H_0 par une seconde expérience où l'on réalisera les mêmes valeurs de V_0 et T_0. La manière la plus simple est de faire cette seconde expérience avec $I = 0$, en chauffant le barreau extérieurement par ses deux extrémités.

---

(1) Cette condition se trouve très sensiblement réalisée dans nos expériences; elle est facile à obtenir avec une approximation très suffisante pour ne pas altérer la légitimité des conclusions qui suivent.

La mesure revient donc, I étant lu directement, à évaluer, dans l'une et l'autre expérience, le gradient second $\left(\frac{d^2V}{dx^2}\right)_0$. On le détermine en identifiant la courbe $V(x)$ qui représente la distribution de températures expérimentalement observée, à une expression algébrique convenable.

Bien que le point O, de température stationnaire, ne coïncide pas en général avec le milieu du barreau, l'expérience montre que, au degré de précision qu'admettent ces opérations de dépouillement graphique, la courbe $V(x)$ est symétrique par rapport à l'axe OV ([1]). On pourra donc prendre, pour l'expression algébrique susvisée, un développement pair en x; et l'on arrive en fait à une identification pratiquement parfaite, en prenant simplement une expression de la forme $V = V_0 - Ax^2 + Bx^4$. Le coefficient A ainsi déterminé définit, au facteur 2 près, le gradient second $\left(\frac{d^2V}{dx^2}\right)_0$.

Pour relever avec précision la répartition longitudinale des températures, nous les avons mesurées à l'intérieur d'un canal cylindrique percé suivant l'axe du barreau, avec une sonde thermo-électrique. On rend négligeables la conductibilité thermique longitudinale propre de cette sonde, et les erreurs de mesure correspondantes, en enroulant les fils du couple en hélice sur la tige d'amiante qui leur sert de support.

Nous avons opéré avec des barreaux d'alliages légers, à base d'aluminium et de magnésium, de 20^{cm} de longueur et 10^{mm} de diamètre, percés d'un canal de 5^{mm} de diamètre. Des courants de l'ordre de 300 ampères, faciles à obtenir avec un transformateur de faible puissance (inférieure au kilowatt) réalisent des gradients seconds de l'ordre du degré : cm^2, suffisants pour conduire, avec de simples microampèremètres industriels à aiguille, à des précisions de l'ordre de 1 pour 100 dans le calcul de $K_0\sigma_0$.

ATOMISTIQUE. — *Étude quantitative de la luminescence de la vapeur de mercure excitée par choc électronique*. Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai employé la méthode décrite dans une Note précédente ([2]) à l'étude de la fonction d'excitation de la radiation de résonance λ2536 du mercure.

([1]) Ce résultat est conforme à ce que fait prévoir l'analyse détaillée des échanges de chaleur, d'élément à élément, entre le barreau et l'enceinte.

([2]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 707.

Trois séries d'une cinquantaine de poses chacune furent prises successivement en faisant varier l'énergie des électrons excitateurs de 3 à 86 volts, l'intensité du courant électronique (10^{-5} A : cm^2) et la durée d'exposition (8 minutes sur plaques Micro Lumière) étant maintenues constantes. Les expériences furent toutes effectuées dans la vapeur saturante à température uniforme de 17° C. ; la raréfaction de celle-ci est alors suffisante pour que la probabilité d'un choc entre électron et atome ne dépasse pas 1/200 et exclue pratiquement la possibilité des collisions doubles.

Les mesures ont donné le résultat suivant :

La radiation λ2536 apparaît brusquement lorsque l'énergie des électrons atteint la tension de résonance (4,86 volts), son intensité croît rapidement jusqu'à un maximum atteint pour une tension de 6,5 volts ; elle décroît ensuite plus lentement et n'est plus égale qu'à 72 pour 100 de la valeur maxima pour 10,4 volts, tension d'ionisation. Lorsque le potentiel des électrons dépasse cette valeur, l'intensité de la radiation de résonance remonte rapidement jusqu'à la valeur correspondant au précédent maximum et reste sensiblement constante de 15 à 86 volts. Il est à remarquer d'ailleurs que, dans ce domaine, la précision des mesures est sensiblement diminuée.

J'ai cherché, en me basant sur des hypothèses simples, à retrouver par le calcul la loi de résonance de l'atome *non ionisé*. Il semble naturel d'admettre que la raie λ2536 produite lors du retour d'un électron optique de l'orbite $2p_2$ à l'orbite de base 1 S ne peut être excitée que lorsque l'électron étranger passe au voisinage de cette dernière supposée comprise entre deux sphères de rayons r et $r + \Delta r$ centrées sur l'atome. La fonction d'excitation apparaît alors comme le produit de deux facteurs : la probabilité π du choc qui dépend de la grandeur de la vitesse initiale de l'électron et de la position de celle-ci par rapport à l'atome et le coefficient d'efficacité η qui mesure la probabilité du transfert de l'électron optique de 1 S à $2p_2$ par suite d'un choc avec un électron de vitesse initiale donnée. Pour calculer la valeur de π, je suppose :

1° Que, par suite de la prépondérance à faible distance de l'action des couches électroniques externes, la force exercée par l'atome neutre sur l'électron libre est radiale, répulsive et proportionnelle à une puissance arbitraire de sa distance au noyau.

2° Que la probabilité du choc est proportionnelle au temps que met l'électron libre à traverser la zone définie plus haut.

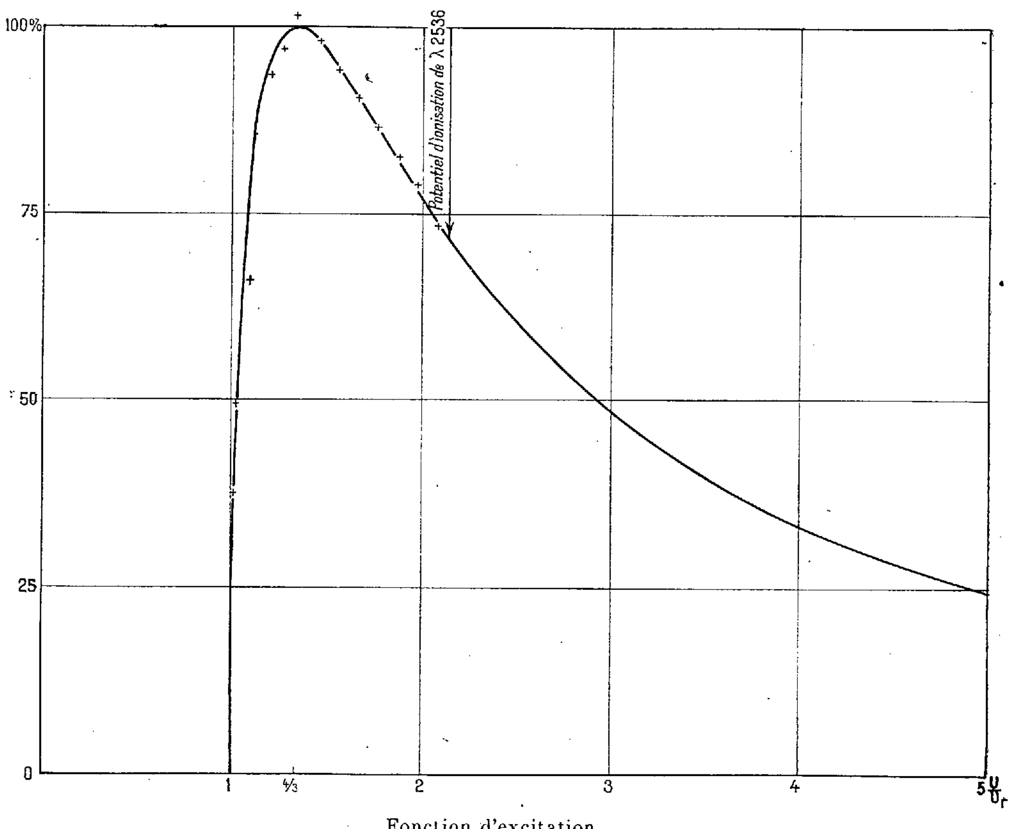
Le calcul montre que l'on a, *quel que soit l'exposant de la loi de force :*

$$\pi = \frac{C}{U}\sqrt{\frac{U}{U_r} - 1}.$$

U_r étant le potentiel de résonance, U le potentiel de l'électron excitateur et C une constante. L'excitation de la radiation de résonance demandant une énergie $eU_r \leqq eU$, on a, en supposant que l'énergie initiale eU peut se fractionner avec une égale probabilité de toutes les manières possibles : $\eta = \frac{1}{U} \times$ const. et la fonction d'excitation se présente sous la forme

$$f = \frac{C}{U^2}\sqrt{\frac{U}{U_r} - 1}$$

en bon accord avec l'expérience.



Fonction d'excitation.

—— Valeurs théoriques : $f = \frac{C}{U^2}\sqrt{\frac{U}{U_r} - 1}$.

+ + + Données expérimentales λ 2536.

La généralité des hypothèses faites doit permettre à la formule ci-dessus de représenter la loi de résonance de *toute radiation excitée à partir d'un niveau fondamental par des électrons de vitesse insuffisante pour en produire l'ionisation.*

En particulier, la distribution de l'énergie dans le spectre continu des rayons X semble obéir à la loi proposée. La valeur donnée par Dauvillier [1] pour la position du maximum : $U = 1{,}305\ U_r$, coïncide presque exactement avec la mienne : $U = 4/3\ U_r$.

MAGNÉTISME. — *Remarque sur la détermination du coefficient d'aimantation de certains liquides.* Note de MM. **G.-P. Arcay** et **M. Fallot**, présentée par M. A. Cotton.

1. La méthode de dénivellation, sous la forme que lui a donnée M. Sève [2] se prête très simplement à la détermination du coefficient d'aimantation des liquides. On sait en quoi elle consiste : si un quide est contenu dans un récipient constitué par deux vases communicants dont l'un est placé dans un champ d'intensité H et l'autre dans un champ sensiblement nul, il existe entre les deux niveaux une dénivellation h telle que $hg = \chi \frac{H^2}{2}$, χ étant le coefficient d'aimantation spécifique, relié à la susceptibilité κ par $\kappa = \chi d$, d étant la densité. On compense la dénivellation produite lors de l'établissement du champ par une pression hydrostatique facilement mesurable, ce qui a pour avantage principal de toujours ramener le ménisque au même point du tube et d'éliminer ainsi les erreurs dues à la capillarité.

2. Nous avons utilisé un appareil en pyrex qui ne diffère pas, en principe, de celui décrit par cet auteur dans ses recherches. Il est constitué par un tube en U dont la plus petite branche, située en dehors du champ, est soudée au fond d'un cristallisoir, l'autre branche est placée dans l'entrefer d'un électro-aimant diamagnétique, le niveau baisse brusquement et on le rétablit en faisant écouler d'une burette graduée une quantité convenable et mesurée de liquide.

3. Il existe cependant toute une classe de liquides pour lesquels les phénomènes ne se présentent pas d'une façon aussi simple. Après avoir compensé la dénivellation due au champ, on constate, si l'expérience est poursuivie pendant un certain temps, que le niveau continue à baisser lentement et ne se stabilise parfois qu'après plusieurs heures; on observe ainsi une

---

(1) Dauvillier, *Thèse de doctorat*, 1920.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, 27, 1912, p. 189.

dénivellation secondaire qui est souvent du même ordre de grandeur que la dénivellation initiale.

Nous avons tout d'abord étalonné l'appareil en faisant une série de mesures avec de l'eau soigneusement distillée et bouillie, ne contenant pas de sels magnétiques; les dénivellations obtenues pour diverses intensités de courant nous ont permis de fixer l'ordre de grandeur des champs, en adoptant la valeur donnée par M. Sève pour l'eau $\chi = -0,725.10^{-6}$ à 22°, avec une correction de 0,002 par degré.

Après avoir opéré avec des champs de l'ordre de 16000 à 18000 gauss, il a fallu nous résoudre à n'utiliser que des champs de 12000 à 13000 gauss afin d'éviter l'échauffement exagéré des pièces polaires.

Nous avons opéré sur les liquides suivants, à des températures variant de 18 à 20° :

Collodion à 28 pour 1000, glycérine pure à 30°, acide sulfurique (densité 1,825), benzène; solution de caoutchouc pur dans le benzène (4^g par litre), huile de vaseline, huile de ricin, huile d'olives, qui se sont conduits normalement.

Au contraire les solutions de gélatine (1 et 4^g par litre) de gomme arabique (2 gr/litre), d'albumine (1 gr/litre), de gélose (0,2 gr/litre), de caséine (0,1 gr/litre), de silice gélatineuse, ont présenté l'anomalie dont nous venons de parler.

A titre d'exemple, examinons ce qui se passe avec la solution de gélatine à 1^g par litre :

Après repos de 15 minutes, le niveau est stable; on excite le champ : le niveau baisse assez rapidement, on le ramène à sa position primitive par l'écoulement de $2^{cm^3},7$, ce qui équivaut, avec notre appareil, à une dénivellation de $0^{mm},355$ et à une valeur de $\chi_{app.} = -0,45.10^{-6}$. On laisse le champ excité et l'on s'aperçoit que le niveau continue à baisser, mais très lentement cette fois, et ce n'est qu'au bout de 6 heures qu'il devient stable : à ce moment on le rétablit comme précédemment en ajoutant $4^{cm^3},6$ de liquide, correspondant à une dénivellation de $0^{mm},604$. La dénivellation totale $0,355 + 0^{mm},604$ correspond à une valeur de $\chi = -1,17.10^{-6}$.

Pour la solution de gélatine à 5 gr/litre, χ a passé dans le même temps de $-0,74.10^{-6}$ à $-2,53.10^{-6}$.

La plus faible augmentation a été trouvée pour la solution de gélose à 0,2 gr/litre dont la valeur de χ a passé de $-0,70.10^{-6}$ à $-1,12.10^{-6}$ en 4 heures environ.

La plus forte augmentation a été pour la solution de gomme arabique à 2 gr/litre : χ a passé de $-0,51.10^{-6}$ à $-1,67.10^{-6}$.

Bien que ces valeurs de χ ne puissent être considérées qu'exactes à $0,004.10^{-6}$ près à cause de la méthode indirecte employée pour la mesure du champ, les différences observées dépassent largement l'approximation des mesures.

Lorsqu'on coupe le courant d'aimantation, le phénomène se produit en sens inverse.

4. Ces derniers corps entrent tous dans la catégorie de ceux qui ont présenté directement le phénomène de Schwedoff. Il est donc naturel d'envisager cette anomalie comme un des effets de la rigidité de ces liquides.

Il est remarquable que là encore, il n'a pas été possible de mettre en évidence la moindre trace de rigidité des huiles, et que d'autre part le collodion se conduit comme un liquide normal, tandis que. si l'on adopte les conclusions de Schwedoff, sa rigidité devrait être environ 10000 fois supérieure à celle d'une solution de gélatine à 5^g par litre.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le ralentissement des rayons α par la matière.* Note de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. Perrin.

Dans un travail antérieur [1], nous avons donné une formule provisoire pour le ralentissement que les rayons α subissent en traversant les métaux :

$$X = \frac{7}{9}\log\left(\frac{u+40}{40}\right)(N+36), \tag{1}$$

X est le poids de l'absorbant en mg/cm^2, $u = \left(\frac{V_0 - V}{V^0}\right)100$, on prend comme unité la vitesse initiale V_0 des rayons α du thorium C_1 (2,06.10 cm/sec). V est la vitesse des rayons α à la sortie de l'écran.

Nous avons repris les recherches sur les mêmes métaux et nous les avons étendues à d'autres. Les mesures ont porté sur les rayons α de ThC et ThC^1. La méthode et le dispositif sont les mêmes que dans le travail antérieur.

La précision obtenue nous permet de donner une nouvelle formule qui s'adapte mieux aux faits expérimentaux :

$$X = K\left(u - \frac{u^2}{10^2} + \frac{35{,}5\,u^3}{10^6}\right), \tag{2}$$

où K est une fonction qui dépend de la nature de l'écran. Le tableau ci-après donne les valeurs de K pour les différents métaux :

---

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 198.

Métal.	K.
Au	0,98
Pt	0,99
Pb	0,985
Sn	0,729
Ag	0,703
Cd	0,711
Pd	0,711
Cu	0,545
Ni	0,525
Fe	0,505
Al	0,393
Li	0,277

Les nombres relatifs au Fe et au Ni n'ont qu'une valeur comparative, les écrans dont nous disposons étant malheureusement d'une épaisseur trop grande et insuffisamment uniforme.

Quelques expériences ont été effectuées avec des alliages or-argent et argent-cuivre, montrant que l'on peut, du moins approximativement, admettre une loi d'additivité simple pour ces alliages. Les résultats concernant le Li sont encore sans grande précision (10 pour 100) (le Li que nous avons employé contenait environ 6 pour 100 d'impuretés, dont environ 5 pour 100 de Na); ces expériences seront reprises prochainement. Pour les autres métaux analysés, les impuretés ne dépassaient en aucun cas 1 pour 100.

En admettant pour (2) la forme très approchée

$$X = K\left(u - \frac{u^2}{10^2} + \frac{u^3}{3.10^4}\right), \tag{3}$$

on a

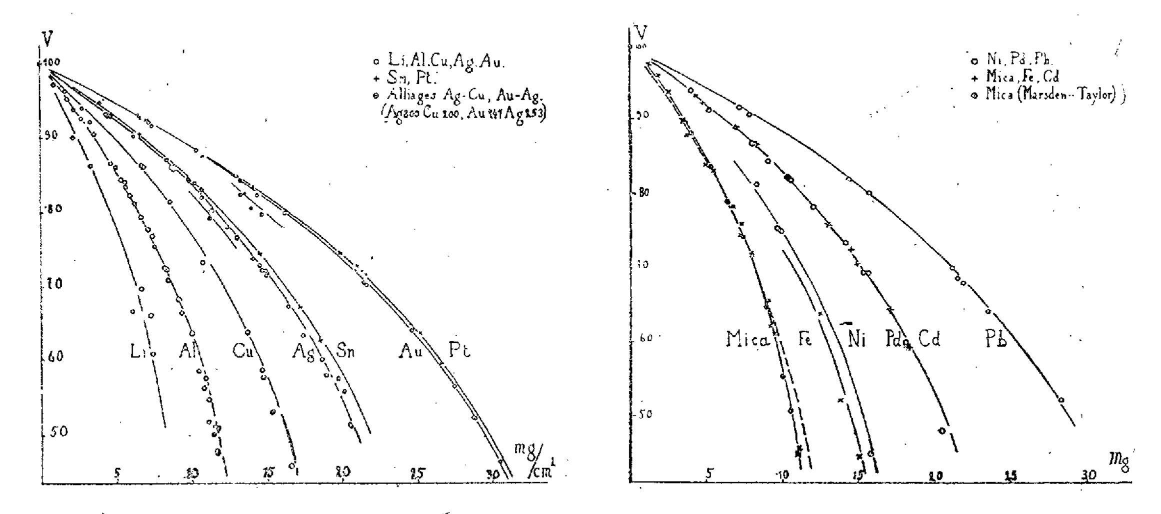
$$\frac{dv}{dx} = -\frac{v_0^3}{100k}\frac{1}{v^2}$$

ou

$$-\frac{dE}{dt} = \text{const.} \text{ (fonction du numéro atomique N de l'absorbant)}.$$

Dans un domaine de vitesse de $2,06.10^9$ ($u = 0$) jusqu'à $1,24.10^9$ ($u = 40$) les rayons α se comportent donc, en traversant les métaux, comme s'ils étaient soumis à l'action retardatrice d'un champ de force dont l'intensité croît comme $\frac{1}{v}$ et qui, d'autre part, dépend du numéro atomique N de l'absorbant.

Pour $u = 100$ le produit K.35,5 est égal au parcours total des rayons α du Th C′ dans le métal en question. Les parcours calculés ainsi d'après la formule (2) ne peuvent cependant être très exacts puisque le coefficient K.35,5 ne devient très important que pour les vitesses faibles, domaine dans lequel la précision est malheureusement médiocre; néanmoins, il y a un assez bon accord entre les parcours et ceux déterminés par d'autres méthodes (¹).



Les courbes ci-jointes ont été tracées d'après la formule (2) à l'aide des valeurs de K données au tableau. Nous avons tracé en pointillé une courbe correspondant au mica (K = 0,383). On voit que la courbe expérimentale relative au mica diffère un peu de celle des corps simples.

La description du dispositif expérimental et les détails des calculs et de la construction des courbes feront l'objet d'un mémoire plus étendu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une réaction nouvelle de l'azote actif.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Henri Lefebvre**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsqu'on fait circuler, sous une pression de l'ordre de 4mm de mercure, un courant d'oxyde de carbone dans un tube à électrodes parcouru par la

(¹) Rausch von Traubenberg, *Zeits. f. Phys.*, 2, 1920, p. 268. — Marsden et Taylor, *Proc. roy. Soc.*, A, 88, 1913, p. 443.

décharge intermittente d'un condensateur de grande capacité, la décomposition de ce gaz est très faible, mais mesurable. On peut le montrer par l'expérience suivante :

A la suite d'un circuit gazeux, comprenant un réservoir jaugé d'oxyde de carbone sous la pression atmosphérique, un diaphragme en terre poreuse, un tube à électrodes de tungstène et une pompe à palettes, on dispose un absorbeur contenant de l'eau de chaux additionnée de phtaléine. Le tube est parcouru par une série d'étincelles à la fréquence de 5 environ par seconde. La pression du gaz est en moyenne de $4^{mm},5$; le voltage au moment de la décharge, atteint 2500 volts; la capacité des condensateurs est de 4 microfarads. Dans ces conditions, il faut employer 5000^{cm^3} de gaz pour amener la saturation de 1^{cm^3} d'eau de chaux. Donc, la décomposition de l'oxyde de carbone en carbone et gaz carbonique est telle que la concentration de ce dernier dans le mélange est d'environ 0,0001.

Les choses se passent différemment si l'on dilue l'oxyde de carbone dans de l'azote pur. Une expérience analogue à la précédente ayant été faite avec un mélange de 1 volume d'oxyde de carbone pur pour 6 d'azote, il a suffi de 675^{cm^3} d'oxyde de carbone pour saturer 1^{cm^3} d'eau de chaux.

Nous avons toujours obtenu des résultats analogues dans plusieurs séries d'expériences.

La présence d'azote actif était nettement visible dans le mélange par suite de sa post-luminescence facile à constater dans tout l'appareil.

On ne saurait attribuer la formation de gaz carbonique à la présence d'oxygène dans le gaz initial formé d'oxyde de carbone dilué dans un grand volume d'azote : en effet, nous avons obtenu des résultats identiques avec un mélange gazeux ayant passé sur du phosphore bouillant, sur un tube à cuivre chauffé à 600°, et ayant séjourné six semaines sur du phosphore humide.

On ne peut pas non plus interpréter ce résultat comme un déplacement de l'équilibre de la réaction $2CO = CO^2 + C$ dû à la diminution de la pression partielle de l'oxyde de carbone. En effet, la diminution de la pression tend à diminuer la concentration du gaz carbonique, et c'est le phénomène inverse que nous avons constaté.

Nous avons donc montré que l'oxyde de carbone subit une très faible décomposition par le passage de fortes charges à basse pression. Cette décomposition est sept fois plus intense si l'on dilue le gaz dans une grande quantité d'azote.

Nous pensons que l'on peut expliquer ce phénomène par l'action cataly-

tique de l'azote actif en voie d'évolution vers sa forme normale. Sous son influence, l'oxyde de carbone, instable à la température ordinaire, se transforme en acide carbonique et carbone, système stable.

Cette hypothèse présente en outre l'avantage d'éclaircir deux réactions qui semblent anormales :

1° La formation d'ammoniac sous l'influence de l'étincelle, qui ne devrait pas se produire puisqu'une élévation de température décompose totalement l'ammoniac; au contraire, l'action catalytique de l'azote actif fait évoluer le mélange vers la formation d'ammoniac, thermodynamiquement stable à la température ordinaire.

2° La réaction de Lord Rayleigh (Strutt) :

Le bioxyde d'azote, sous l'influence de l'azote actif, se transforme en un composé plus oxygéné, NO^2; ceci peut s'interpréter également par le pouvoir catalytique de l'azote actif, qui amènerait la décomposition spontanée du bioxyde en azote et oxygène. Ce dernier, ainsi libéré, se combine comme l'on sait au bioxyde d'azote pour donner NO^2.

Il semble donc que la réaction azote actif → azote normal entraîne, comme le ferait un catalyseur, les réactions qui peuvent évoluer spontanément sans apport d'énergie extérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les spectres d'absorption des verres de borax colorés avec les sels de cuivre.* Note de MM. **P. Lasareff** et **V. Lazarev**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les verres de borax colorés avec les sels de cuivre ont été préparés par la fusion du borax avec une petite quantité du sel de cuivre dans un creuset de platine fermé. Le liquide a été ensuite brusquement refroidi au-dessous du point de fusion. De cette manière on a obtenu un verre coloré de borax qui a été trempé comme le montrent des observations avec la lumière polarisée.

Si l'on chauffe un échantillon de ce verre trempé et qu'on le refroidisse ensuite lentement, la trempe disparaît plus ou moins complètement.

Nous avons étudié l'absorption des verres de borax colorés trempés et recuits et nous avons ensuite comparé leur absorption avec celle des ions de cuivre en solution ($CuSO^4$).

A l'aide du spectrophotomètre de König-Martens, nous avons mesuré la

constante d'absorption k des verres et des solutions pour les différentes longueurs d'onde.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons la valeur de k divisée par k_0, k_0 étant la valeur de k correspondant à $\lambda = 590^{\mu\mu}$.

$\frac{k}{k_0}$.	$\lambda = 470$.	480.	490.	500.	515.	530.	550.	570.	590.
1. Solution des ions....	0,00	0,02	0,00	0,02	0,07	0,17	0,26	0,50	1,00
2. Verre trempé.......	0,62	0,62	0,60	0,60	0,63	0,63	0,71	0,85	1,00
3. Verre recuit.........	0,65	0,66	0,65	0,65	0,68	0,72	0,78	0,85	1,00

On voit : 1° que les différences de $\frac{k}{k_0}$ des verres trempés et recuits ne dépassent pas les erreurs inévitables de l'observation et par conséquent l'absorption des verres trempés et recuits est sensiblement identique, et 2° que le spectre du verre coloré avec les sels de Cu est différent de celui des solutions des ions de Cu. On peut donc conclure que la coloration des verres de borax ne dépend pas des ions de Cu, mais qu'elle est produite par les composés complexes des atomes de Cu et des molécules de borax.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité thermique des alliages légers.* Note de MM. **C. Grard** et **J. Villey**, présentée par M. Léon Guillet.

Pour guider de façon rationnelle le choix des alliages légers utilisables dans la construction des moteurs thermiques, il est indispensable d'étudier d'abord méthodiquement, pour toute la zone thermique dans laquelle ils seront appelés à travailler, les caractéristiques mécaniques des divers alliages envisagés. Pour déterminer cette zone thermique, la connaissance des conductibilités thermiques est essentielle. Nous avons été ainsi amenés à étudier systématiquement les conductibilités thermiques de séries d'alliages d'aluminium et de magnésium, que leurs qualités mécaniques signalaient comme intéressants.

L'expérimentation des diverses méthodes utilisables a conduit à employer celle qui fait l'objet de la Note de MM. Vernotte et Pellegrin. Elle comporte la détermination auxiliaire de la conductibilité électrique.

Pour donner à l'aluminium la dureté indispensable, on utilise couramment des additions de cuivre : elles provoquent une diminution progressive importante de la conductibilité thermique. Au contraire, des additions

analogues de cuivre dans le magnésium font croître de façon sensible sa conductibilité. On voit, sur les deux courbes de conductibilités thermiques à 100° C. en fonction de la teneur en cuivre, que l'écart important existant entre les conductibilités des deux métaux purs disparaît par des additions croissantes de cuivre; l'ordre de classement des deux métaux s'inverse même pour les pourcentages normalement utilisés. L'allure de ces variations est confirmée par celles des conductibilités électriques, que représentent les courbes pointillées.

Beaucoup d'autres alliages peuvent être intéressants au point de vue mécanique, parmi lesquels nous citerons en particulier l'alliage d'aluminium à 13 pour 100 de silicium (connue sous le nom d'*alpax*) et deux alliages ternaires de magnésium à 4 pour 100 de cuivre et 2 pour 100 d'aluminium, et à 2 pour 100 de cuivre et 4 pour 100 d'aluminium (¹).

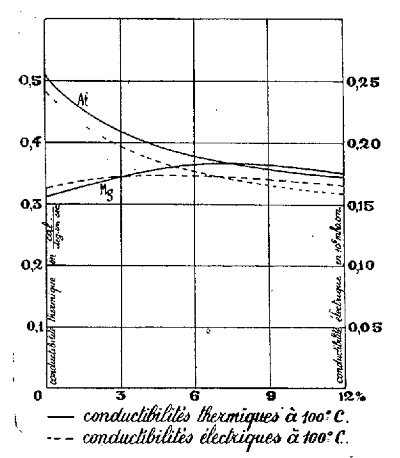


Fig. 1.

ALLIAGES NATURE	ETAT	Résistance temp.re amb.te	Allongement	Conductibilité thermique (à 100°)	Densité
Al à 12 % de Cu	Coulé	14	0,8	0,34	2,95
Al à 13 % de Si	Coulé	19	5	0,42	2,65
Magnésium à 4 % de Cu	Coulé	10	2	0,36	1,86
Magnésium -id-	Forgé	24	3	0,36	1,86
Magnésium 4 de Cu, 2 de Al	Forgé (corr.?)	27	11	0,27	1,88
Magnésium 2 de Cu, 4 de Al	Forgé (corr.?)	28	12	0,20	1,85

Fig. 2.

Les rapports des deux conductibilités (thermique et électrique) ont des valeurs assez voisines les unes des autres conformément à la loi de Wiedemann-Franz (voisines de $2,1.10^{-6}$ à 100° C. : minimum observé, 2 pour le magnésium, maximum 2,3 pour l'alpax).

Les conductibilités thermiques augmentent en général très légèrement avec la température, dans le domaine 80°-180° C. où ont été faites les mesures.

(¹) L'analyse des échantillons expérimentés a donné exactement 3,65 pour 100 de cuivre et 2,45 d'aluminium pour le premier, 2,1 pour 100 de cuivre et 4,7 d'aluminium pour le second.

A titre d'exemple, on trouvera ci-dessous quelques moyennes de valeurs observées; les écarts entre les mesures directes et leurs moyennes dépassent rarement 1 pour 100.

	80° C.	100° C.	120° C.	150° C.
Aluminium	0,50	0,51	0,53	0,56
Aluminium à 4 pour 100 de cuivre	0,40	0,40	0,40	0,40
Alpax		0,42	0,425	0,435
Magnésium		0,32	0,33	0,34

Si les conductibilités thermiques règlent la zone thermique où travaillera le métal dans des conditions d'emploi données, ce sont bien entendu les qualités mécaniques qui déterminent si cette zone est admissible. Par exemple, pour les alliages aluminium-cuivre, la zone thermique d'emploi possible augmente d'ampleur pour des teneurs croissantes (de 0 à 12 pour 100) de cuivre, grâce à l'amélioration considérable des propriétés mécaniques (le chiffre de Brinnell passe de 7,23 à 14,70, à la température ambiante); ces alliages présentent de ce fait un intérêt croissant malgré le fléchissement de la valeur de la conductibilité thermique. L'alliage à 12 pour 100 de cuivre est actuellement l'alliage prototype pour la fabrication par coulée des pistons de moteurs d'aviation; l'expérience a montré qu'il se comporte de façon satisfaisante dans la zone thermique de travail de ces pistons (300 à 320° C.).

Le tableau donné plus haut permet diverses comparaisons intéressantes. Il montre en particulier que le magnésium à 4 pour 100 de cuivre forgé *a des caractéristiques mécaniques et thermiques supérieures* à celles de l'aluminium coulé à 12 pour 100 de cuivre qui est couramment employé. Le bénéfice incontestable d'une densité moindre (1,86 au lieu de 2,95) a simplement comme contre-partie la nécessité d'un forgeage, sans lequel la résistance serait inférieure. Quant aux deux alliages ternaires forgés, leur moindre conductibilité est en partie compensée par leurs remarquables caractéristiques mécaniques, et ils paraissent très particulièrement indiqués pour des pièces travaillant dans une zone thermique moins étendue (carters divers) auxquels ils conféreront, avec la légèreté, la dureté et une appréciable résistance aux chocs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contrôle des soudures par les spectres magnétiques.* Note [1] de M. **Albert Roux**, transmise par M. Léon Guillet.

J'ai recherché qu'elle était l'influence des défauts situés à l'intérieur d'une masse d'acier sur le spectre magnétique tracé à la surface : j'avais spécialement en vue le contrôle des assemblages par soudure autogène.

J'ai utilisé pour produire le champ magnétique un électro-aimant en forme de U qui avait les caractéristiques suivantes :

La section du noyau était un rectangle de côtés 40^{mm} et 70^{mm}.
Le nombre de spires des bobines enroulées sur les deux branches était égal à 15.
La distance des pôles 90^{mm}.

Les éprouvettes d'essais étaient constituées par des tôles de même épaisseur 5^{mm} ou 10^{mm} soudées bout à bout par le procédé oxyacétylénique.

Pour tracer le spectre, j'ai appliqué les pôles de l'électro-aimant sur une des faces des éprouvettes, symétriquement par rapport à la ligne de soudure, et après avoir établi le champ par passage de courant continu dans les spires, j'ai projeté la limaille sur une feuille de papier en contact avec l'éprouvette.

Si la soudure est exempte de défauts, le spectre est le même que celui dessiné sur une plaque d'acier d'épaisseur constante; les lignes de limaille sont continues.

Lorsque la soudure a des défauts, voici quels ont été les résultats que j'ai obtenus dans deux cas bien caractéristiques :

Le premier est celui de deux tôles de 5^{mm} dont la liaison n'est réalisée que superficiellement d'un seul côté qui est celui où se trouvait l'ouvrier soudeur pendant le travail. Tout se passe comme si l'autre face de la soudure était entaillée.

La figure 1 représente l'aspect de la cassure en long de cet assemblage; le spectre magnétique a été obtenu sur la face bien soudée pour se placer dans le cas où l'envers de la soudure n'est pas accessible; il est représenté figure 2; l'intensité du courant utilisé était de 48 ampères.

Le deuxième est celui de deux tôles de 10^{mm} dont la liaison est réalisée superficiellement sur les deux faces mais ne l'est pas à cœur.

La figure 3 représente l'aspect de la cassure en long : son spectre sur l'une

---

[1] Séance du 3 octobre 1927.

ou l'autre des faces est indiqué figure 4 : l'intensité du courant utilisé était de 70 ampères.

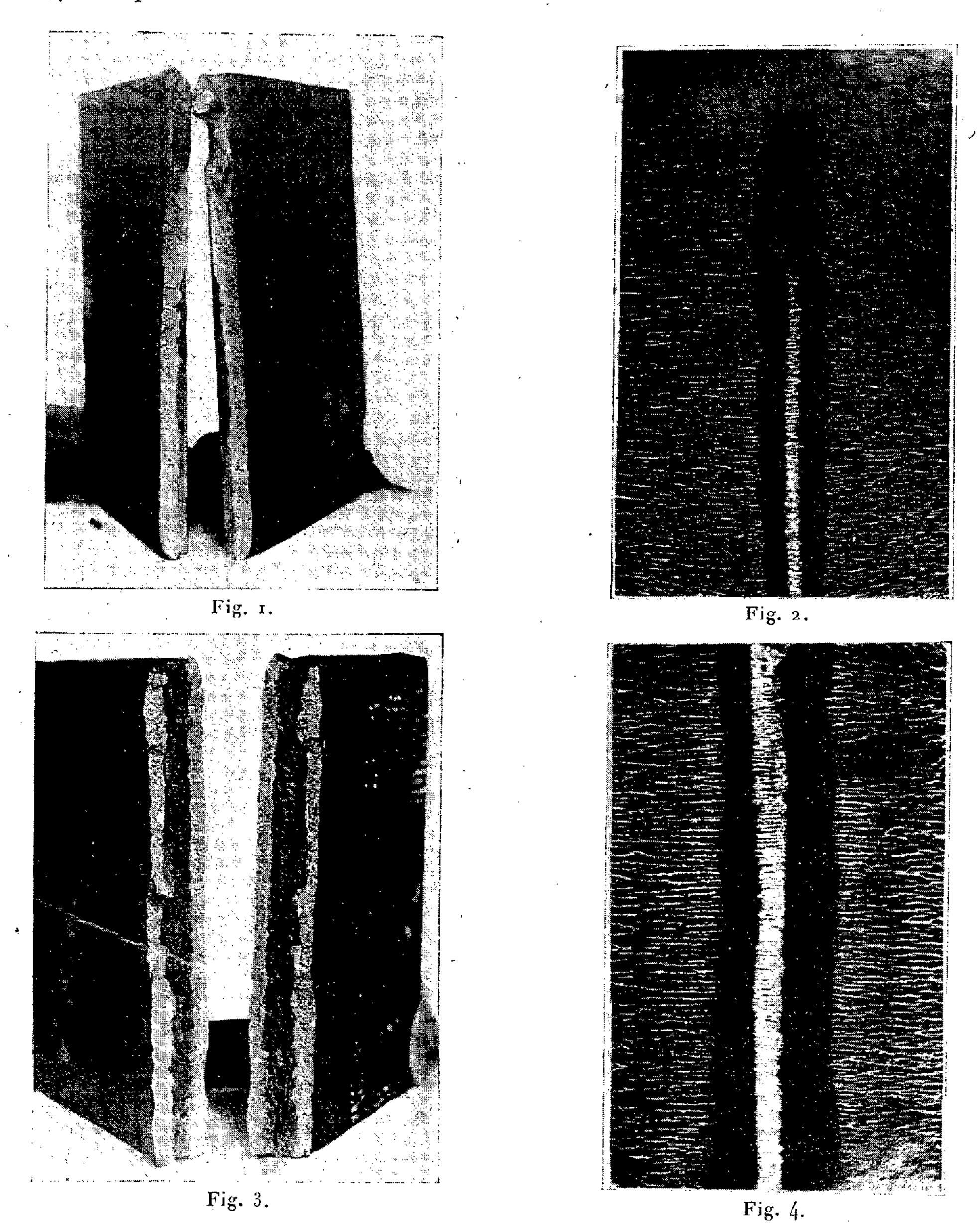


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Je fais remarquer qu'afin de pouvoir conserver les spectres après disparition du champ magnétique, j'ai projeté la limaille sur du papier transparent où je l'ai immobilisée au moyen d'un vernis à la gomme Damar.

Je me suis ensuite servi du spectre ainsi fixé comme d'un négatif en photographie pour en tirer des épreuves par contact avec du papier sensible. Il en résulte que sur les figures 3 et 4 les parties blanches correspondent sur le spectre véritable aux accumulations de limaille.

On voit d'après les deux exemples cités que les défauts internes des soudures peuvent être mis en évidence au moyen des spectres magnétiques.

Toute solution de continuité à l'intérieur du métal, normale aux lignes de force du champ magnétique, se traduit par une accumulation de limaille, normale aux lignes régulières du spectre.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le calcul des analyses des gaz.* Note (1) de M. **Brutzkus**, présentée par M. C. Matignon.

Dans des travaux chimiques et dans la technique il y a des cas où un certain mélange de gaz, soumis à un traitement chimique, est analysé avant et après le traitement; pour interpréter les résultats il faut ensuite déterminer les quantités des gaz disparues ou apparues au cours du traitement sans en connaître les quantités totales. On ne trouve aucune indication sur ce problème dans les traités sur les analyses des gaz (2).

Néanmoins cette détermination n'est pas trop compliquée.

Prenons, par exemple, le cas le plus simple : un mélange de gaz contenant par volume 50 pour 100 CO et 50 pour 100 H^2; ce mélange est soumis à un traitement chimique quelconque dans lequel 30 pour 100 de CO et 20 de H^2 sont absorbés. L'analyse après le traitement montrera donc 40 pour 100 de CO et 60 pour 100 de H^2. De la comparaison de chiffres d'analyse avant et après l'opération on ne peut cependant déterminer les quantités absorbées de deux gaz. Appelons X la quantité de CO absorbée et Y la quantité de H^2 absorbée et formons les deux équations respectives,

$$\frac{(50-X)100}{50-X+50-Y}=40, \qquad \frac{(50-Y)100}{50-X+50-Y}=60 \qquad \text{ou} \qquad \frac{50-X}{50-Y}=\frac{40}{60}.$$

(1) Séance du 17 octobre 1927.

(2) Ainsi par exemple dans l'encyclopédie bien connue des analyses industrielles de Lunge et Berl : *Chemisch-technische Untersuchungen*, Berlin, 1923, on ne trouve aucune indication sur ce problème. Dans une œuvre scientifique aussi importante que F. Fischer : *Umwandlung der Kohle in Oele*, Berlin, 1924, les analyses de gaz avant et après le traitement sont comparées sans aucun calcul des quantités des gaz apparues ou disparues, bien que cette détermination seule puisse nous instruire sur le résultat de l'expérience. (Voir p. 289, 292, 296, 298, 301, 307, 309, 317, 320 et 321 de ce livre.)

Comme on le voit facilement, ces équations aboutiront toujours à une identité.

Le problème n'est soluble que si l'on sait qu'un des gaz du mélange n'est pas changé par le traitement produit, et cela non seulement quand dans le mélange il y a deux gaz, mais aussi quand il y en a plusieurs, comme le montre le calcul de l'exemple suivant extrait du livre de F. Fischer, cité ci-dessus (p. 317).

Un mélange de gaz 1° après un seul passage sur le catalyseur et 2° après une circulation de 4 heures sur le catalyseur a présenté les compositions suivantes :

	Analyse du mélange après un seul passage sur le catalyseur (pour 100).	Après une circulation de 4 heures (pour 100).	Réduction à la même quantité d'azote (pour 100).	Résultat de l'opération (pour 100).
CO^2	22,8	32,1	18,0	— 4,8
Hydrocarbures	1,0	1,1	0,61	— 0,39
O^2	0,4	0,5	0,28	— 0,12
CO	19,3	19,4	10,9	— 8,4
H^2	55,0	10,3	5,75	—49,25
CH^4	0,8	19,8	11,0	+10,2
N^2	6,6	11,8	6,6	0

Comme l'azote ne prend pas ordinairement part aux opérations envisagées, les changements de sa proportion dans le mélange ne peuvent être que la conséquence de l'augmentation ou de la diminution du volume total du mélange traité. Dans le cas ci-dessus le volume du mélange a diminué, puisque le pourcentage d'azote a augmenté. En réduisant les quantités de chaque gaz au même volume d'azote, c'est-à-dire en les multipliant par le rapport $\frac{6,6}{11,8}$, on trouvera la quantité de chaque gaz restant après l'opération. Les chiffres calculés ainsi sont marqués dans la troisième colonne ci-dessus. En comparant les chiffres respectifs de la première et de la troisième colonne, on peut déterminer pour chaque gaz la quantité qui a disparue ou apparue à la suite de l'opération (col. 4).

Si pendant le cours de l'opération on ajoute une proportion connue d'azote (par exemple de l'air) on calcule la proportion d'azote dans l'ensemble du mélange et à partir de cette proportion le calcul se fait de la même manière que ci-dessus.

Dans la plupart des mélanges envisagés dans la technique il y a de l'azote. S'il n'y en a pas on peut en mettre exprès. Si l'on craint que l'azote

puisse prendre part à la réaction envisagée, on peut ajouter au mélange un autre gaz encore plus inerte que l'azote.

Les considérations exposées ci-dessus donnent la possibilité de résoudre le problème dans tous les cas.

MÉTALLURGIE. — *Sur quelques perfectionnements apportés dans la fusion électrique des minerais pauvres.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il s'agit du traitement des minerais de Cu, de Ni, de Co, contenant à peine 3-5 pour 100 de métal, toujours plus ou moins chargés d'oxydes de fer, exempts de soufre et impossibles à enrichir par aucun des procédés connus jusqu'ici.

Au laboratoire, la réduction convenablement réglée de ces minerais permet souvent d'obtenir du premier coup des ferro-alliages très riches, et par conséquent faciles à traiter pour métal pur.

Dans les fours à cuve, appareils de fusion les plus économiques, l'obtention des ferro-alliages se heurte à plusieurs difficultés, notamment, impossibilité de régler au degré voulu une réduction qui doit être limitée, et coulée pénible du métal généralement peu fusible.

C'est pourquoi j'ai orienté mes recherches pour le traitement des minerais pauvres vers le four électrique, où ces difficultés, au moins *a priori*, ne doivent pas exister. En réalité, l'emploi du four électrique du type classique (capacité rectangulaire, sans voûte, courant à tension inférieure à 100 volts par arc, amené par des électrodes de grosse section), qui a été fait avec tant de succès pour le traitement des minerais des oxydes réfractaires, présente ici de sérieux inconvénients. Ces fours à arc à faible tension obligent, en effet, à recourir à de fortes intensités. Ceci a pour résultat de créer autour des électrodes des zones extrêmement chaudes qui favorisent les réactions nuisibles (réduction de SiO^2, par exemple), d'où consommation inutile d'énergie.

Pour les mêmes raisons, l'arc est toujours très court, et l'électrode est continuellement léchée par du minerai fondu. Il en résulte, d'une part, une consommation exagérée d'électrodes qui peut, à elle seule, rendre prohibitif ce mode de fusion. D'autre part le carbone de l'électrode, s'ajoutant au réducteur déjà introduit dans le minerai, rend illusoire tout contrôle de la

réduction. Le produit obtenu dans ces conditions ne sera donc qu'une fonte spéciale plus ou moins siliceuse.

Voici comment j'ai modifié la méthode de fusion pour arriver à traiter avec succès les minerais pauvres.

Le four électrique monophasé, à arc vertical et à sole conductrice, est toujours constitué par une capacité rectangulaire, mais pourvue d'une voûte. Le revêtement intérieur du four ainsi que la voûte sont faits en briques de chromite, matière réfractaire la moins attaquable par les scories liquides.

Ce qui importe, c'est de travailler sous une tension aussi haute que possible. En général la tension par arc est supérieure à 100 volts; pour certains minerais, elle atteint 180 volts.

On conçoit qu'avec de telles tensions le régime du four serait très brutal et la conduite du four très difficile, si une couche épaisse de minerai fondu, recouvrant constamment la sole métallique n'absorbait près des $\frac{4}{5}$ du voltage total. La majeure partie de l'énergie électrique est donc transformée en chaleur par la résistance ohmique du minerai et se trouve utilisée pour sa fusion. Le reste de l'énergie, c'est-à-dire la chaleur dégagée par l'arc proprement dit, ne sert en fait que pour le séchage et le réchauffage du minerai solide qui recouvre toujours le bain.

Il arrive quelquefois que pendant le chargement du four qui s'opère de façon presque ininterrompue, l'arc d'une électrode se trouve coupé et celle-ci plongée dans le minerai. On observe aussitôt un phénomène de pincement dû à la forte densité du courant (près de 10 ampères par centimètre carré de section d'électrode) qui projette la scorie autour de l'électrode et rétablit l'arc. C'est pourquoi on ne constate aucune attaque appréciable de l'électrode par le minerai fondu.

L'emploi du courant à tension élevée permet, bien entendu, de réduire considérablement la section des électrodes (15^{cm} de diamètre, au maximum) en même temps qu'il assure un facteur de puissance élevée du four ($\cos\varphi > 0,90$).

Puisque le carbone de l'électrode n'intervient plus dans la réduction, on peut régler celle-ci à volonté par l'addition de réducteur en proportions nécessaires. On arrive ainsi à obtenir des ferro-alliages exempts de carbone et de silicium et dont la teneur en fer obéit exactement à la loi de répartition de cet élément entre la scorie et le métal.

Des essais de longue durée exécutés dans un four de 1000 kilowatts ont montré que le traitement d'une tonne de minerai, correspondant à la pro-

duction de 70 à 100^kg de ferro-alliage, absorbe suivant l'espèce de minerai de 1000 à 1250 kw-h. et consomme de 8 à 15^kg d'électrode, y compris les bouts inutilisables.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur une double circulation superficielle et abyssale de l'Océan.* Note de M. J. THOULET.

Pendant la durée entière (1873-1876) de sa mémorable campagne à travers les divers océans, le *Challenger* s'est livré à la mesure des températures θ et des densités *in situ* σ_θ des eaux superficielles, intermédiaires et voisines du sol (*bottom waters*). Les résultats de ces mesures sont inscrits sur les longues listes des *Reports* du voyage. J'y ai ajouté pour chaque station, la densité normale σ_0 et par conséquent la salure $\sigma_0 - 1$ calculées d'après un procédé abrégé qui a été exposé ailleurs d'une façon détaillée.

Considérant uniquement les eaux prises au contact immédiat du sol, si l'on groupe pour chaque océan les caractéristiques θ, σ_θ et σ_0 des points situés à la même profondeur, on peut en dresser le tableau dont il suffira de donner ici un court extrait afin de servir d'exemple.

Océan.	Pfath..	Station.	θ.	σ_θ.	σ_0.
Atl Nord............	2650	18	2°,2	1,0282	1,0284
»	»	53	2,4	91	93
Atl. Sud	»	138	1,7	79	80
»	»	325	0,4	79	79
Pac. Sud............	2600	168	1,4	82	83
»	»	272	1,7	85	86
»	»	288	1,5	75	75
Pac. Nord...........	2550	215	1,9	78	79
»	»	269	1,8	77	78

L'examen comparé de l'ensemble de ces caractéristiques pour un total de 54 stations conduit aux conclusions suivantes.

Les divers points du sol abyssal manifestent dans leurs caractéristiques thermiques et densimétriques des différences de conditions indépendantes de la profondeur. Certains points également profonds ont des caractéristiques différentes tandis que d'autres points inégalement profonds possèdent des caractéristiques identiques. Chacun d'eux possède donc un climat qui lui est propre et comme, sauf toutefois ceux situés au fond de cuvettes, tous communiquent entre eux par les eaux qui les recouvrent, il en résulte une

microcirculation abyssale générale, de faible intensité mais réelle, dépendant de la chaleur interne, correspondant à la mégacirculation superficielle beaucoup plus énergique qui dérive directement ou indirectement de la chaleur solaire. La microcirculation, dans son tracé géographique, dépend évidemment aussi pour une part importante du modelé du fond encore bien incomplètement connu et de sa disposition en cuvettes lorsqu'elle existe.

Dans un travail antérieur, j'ai reconnu que de tous les océans, l'Atlantique Nord, sauf dans ses couches les plus superficielles, était celui qui, à profondeur égale, possédait les eaux les plus chaudes et par conséquent pouvait être considéré comme le plus volcanique. Cette opposition entre ses eaux superficielles particulièrement froides et ses eaux profondes particulièrement chaudes, établit clairement la différence entre les deux circulations, superficielle et abyssale, concourant l'une et l'autre au même but : le mélange intime et la production de l'homogénéité de composition de l'eau marine, la régularisation de l'évaporation et celle du cycle de l'eau dans la nature.

Ce cycle est principalement établi grâce à l'évaporation qui, s'exerçant sur la surface entière de l'Océan, transforme l'eau salée en eau douce indispensable à la vie végétale et animale sur le globe. Le renouvellement de l'eau évaporée est effectué à la fois par les météores aqueux, pluie et neige, tombant directement à la surface de la mer, par l'afflux des fleuves continentaux, par les phénomènes physiques et chimiques accompagnant la formation et la fusion saisonnières des glaces marines, par les icebergs et enfin par l'apport d'eaux volcaniques abyssales froides ou chaudes, sous-salées ou sursalées sortant du sol sous-marin. Telle est la circulation générale océanique, ensemble de la mégacirculation superficielle et de la microcirculation profonde d'origine interne.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la fixation du chondriome de la cellule végétale.* Note de M. **Marcel Mascré**, présentée par M. Guignard.

La technique de fixation du chondriome a donné lieu à de très nombreuses recherches. On emploie le plus souvent comme fixateurs : soit le formol neutralisé, soit les mélanges chromo-osmiques, avec chromisation ultérieure (Regaud, Meves, Benda, Champy). Tous les auteurs sont d'accord pour proscrire l'acide acétique, qui provoque toujours une altération plus ou moins complète du chondriome. Cependant, avec l'acide

azotique à 3 pour 100, on a pu obtenir une bonne fixation de celui-ci (A. Meyer), quoique cet acide soit beaucoup plus énergique que l'acide acétique. Cela s'explique, sans aucun doute, par l'action coagulante qu'il exerce sur les constituants protéiques du chondriome. J'ai pensé à étudier, pour cette raison, l'acide trichloracétique qui, lui aussi, est un réactif précipitant des matières albuminoïdes, et j'ai étendu ces essais aux acides monochloracétique et cyanacétique, intermédiaires, par leur degré de dissociation, entre les acides acétique et trichloracétique.

Les expériences ont porté surtout sur des bourgeons d'*Elodea canadensis*, sur de jeunes plantules d'Orge et de Fève, occasionnellement sur divers autres objets : fleurs d'*Hemerocallis*, étamines d'*Arum maculatum*, etc.

Dans une première série d'expériences, les pièces ont été fixées respectivement par : l'acide acétique à 5 pour 100, les acides monochloracétique et cyanacétique à 3 pour 100, l'acide trichloracétique à 2 pour 100. Dans une deuxième série, j'ai employé les mêmes solutions additionnées de 20 pour 100 de formol neutralisé. La durée de la fixation a varié de 2 à 6 jours. Une partie des pièces, après un lavage à l'eau, qui doit être rapide pour éviter le gonflement, a été traitée à la manière habituelle par les alcools et le xylol, puis incluse en paraffine. D'autres pièces, au sortir du fixateur, ont été plongées pendant une quinzaine de jours dans une solution de bichromate de potassium à 3 pour 100, puis incluse comme précédemment.

Les coupes ont été colorées soit d'après la méthode d'Altmann (fuchsine acide et différenciation par l'acide picrique), soit d'après les méthodes d'Heidenhain ou de Regaud, à l'hématoxyline ferrique, en faisant varier la durée du mordançage et de la coloration. Les résultats ont été comparés à ceux que donnaient les mêmes objets fixés et colorés d'après la méthode de Regaud. La méthode d'Altmann n'a pas toujours permis d'obtenir des colorations précises; les colorations par l'hématoxyline ont toujours donné des préparations très nettes.

Les solutions acides non formolées respectent les plastes, détruisent les chondriocontes. Sous l'influence des acides acétique et monochloracétique, les chondriocontes sont transformés en vésicules, à côté desquelles on observe des filaments contournés, enchevêtrés, qui paraissent résulter de l'éclatement des vésicules, dont la paroi se déchire et s'étale. Les acides cyanacétique et trichloracétique provoquent aussi la formation de vésicules, mais celles-ci sont moins volumineuses et l'on n'observe pas de filaments flexueux nés de leur éclatement.

Les altérations sont les mêmes lorsqu'on emploie comme fixateur le formol à 20 pour 100 additionné de 5 pour 100 d'acide acétique.

Au contraire, le chondriome est bien fixé par le formol à 20 pour 100 additionné d'acides monochloracétique ou cyanacétique (3 pour 100) ou d'acide trichloracétique (2 pour 100). Les images sont superposables à celles que donne la fixation suivant la méthode de Regaud. Les bâtonnets mitochondriaux, les chondriocontes, les formes jeunes des plastes sont très bien conservés.

Il est intéressant de noter que, après fixation par le formol additionné de l'un ou l'autre des acides acétiques substitués, la postchromisation n'est pas nécessaire, alors qu'elle l'est presque toujours après fixation par le formol neutralisé. Ce fait permet de réduire de toute la durée habituelle du traitement chromique la fixation des objets.

D'autre part, la colorabilité des éléments du chondriome est améliorée, en ce sens qu'il n'est pas nécessaire de prolonger le mordançage des coupes par l'alun de fer et leur coloration par l'hématoxyline, comme dans la méthode classique de Regaud. Un traitement de 6 heures par l'alun de fer à 3 pour 100, suivi d'une coloration de 12 heures par l'hématoxyline, suffit pour obtenir, par différenciation à l'alun de fer, une bonne coloration. Ainsi, l'addition, au formol neutralisé à 20 pour 100, des acides monochloracétique, cyanacétique ou trichloracétique dans les proportions indiquées, permet une fixation et une coloration, plus rapides que de coutume du chondriome.

D'un autre point de vue, il y a lieu de faire une remarque, qui nous paraît intéressante, au sujet du rôle que joue, dans ces phénomènes, l'acidité actuelle des liquides employés. Il est certain qu'elle n'est pas le seul facteur qui intervienne. Si l'on considère les résultats rapportés dans cette Note, on constate que le chondriome est bien fixé : d'une part par le formol *neutralisé*, d'autre part par les mélanges :

Formol 20 pour 100 + acide monochloracétique,	3 pour 100,	de pH = 1,6
Formol 20 pour 100 + acide cyanacétique,	3 pour 100,	de pH = 1,3
Formol 20 pour 100 + acide trichloracétique,	2 pour 100,	de pH = 0,6-0,7

Cependant, le mélange

Formol 20 pour 100 + acide acétique, 5 pour 100, de pH = 1,9-2

ne fixe pas le chondriome.

Les mêmes acides, employés aux mêmes concentrations, mais non addi-

tionnés de formol, pour des pH identiques aux précédents, détruisent aussi le chondriome.

Une étude détaillée de ces faits pourra, nous semble-t-il, aider à l'analyse microchimique du chondriome.

ZOOLOGIE. — *Un cas d'incubation par la femelle chez une Annélide polychète* (Leptonereis glauca *Clp.*) *qui essaime en surface*. Note de M. **R. Herpin**, présentée par M. Ch. Gravier.

Tous ceux qui ont effectué des pêches nocturnes à la lumière ont remarqué, non sans surprise, que si les mâles de *Leptonereis glauca* Clp. se rencontraient souvent en surface en extrême abondance, les femelles de cette espèce sont beaucoup plus rares et n'y sont capturées qu'exceptionnellement. Le fait a été observé par Gravier et Dantan dans la baie d'Alger ([1]), par Fage et Legendre à Concarneau et par moi-même le 25 mai dernier, où je n'ai rencontré qu'une seule femelle contre plusieurs centaines de mâles.

D'autre part le diamètre des œufs (environ 240^{μ}), très considérable pour une espèce de dimensions aussi médiocres, semblait indiquer un développement direct.

Pressentant quelque particularité intéressante, je mis à l'élevage une femelle capturée en pêche de nuit le 7 juin dernier. Le 13, il lui fut adjoint un mâle capturé le 12 dans les mêmes conditions. Le 15, je constatai que la femelle avait pondu dans son tube. Les œufs, disposés en deux rangées, étaient segmentés et les macromères étaient déjà visibles. La femelle, bien reconnaissable à l'absence de soies à palettes, de lamelles et de cirres dorsaux aux premiers sétigères, était entière; mais elle paraissait plus courte qu'avant la ponte. Replacée après examen dans son vase d'élevage, elle rentre dans son tube et y exécute des mouvements ondulatoires.

Dans ce même vase, je retrouve deux tronçons du mâle : la région antérieure et la région postérieure; la partie moyenne semble manquer.

L'élevage a été poursuivi jusqu'au 10 août. A cette date les embryons étaient toujours dans le tube, mais paraissaient morts, et la femelle était

([1]) Ch. Gravier et J.-L. Dantan, *Sur deux Néréidiens de la baie d'Alger* (*Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 30, 1924, p. 469).

sortie du tube. Après fixation, la détermination spécifique fut contrôlée par l'examen de la trompe qui ne portait que des papilles molles.

Leptonereis glauca Clp. pond donc ses œufs dans son tube, de même que *Nereis caudata* Delle Chiaje et que la forme hermaphrodite de *Platynereis Dumerilii* Aud. et Edw.. Mais ce tube, purement membraneux et sans fenêtres, est comparable à celui de *Pl. Dumerilii* et non à celui de *N. caudata*.

Contrairement à ces deux espèces, c'est la femelle de *Leptonereis glauca* qui incube les œufs. Chez *N. caudata* [1], il arrive souvent, en aquarium, que le mâle incubateur dévore la femelle.

Chez *L. glauca*, c'est, au contraire, la femelle incubatrice qui dévore le mâle.

Mais chez *N. caudata*, ainsi que chez *Pl. Dumerilii*, il se constitue des couples; jusqu'à présent je ne puis rien dire à ce sujet sur *Leptonereis glauca*.

Il faut remarquer que, chez *Leptonereis glauca*, la ponte dans le tube n'exclut pas la natation en surface, même des femelles, puisqu'une vingtaine ont été capturées dans ces conditions par Gravier et Dantan [2] et quelques-unes par moi-même.

Quant à ce qui est des mâles, il semble résulter des observations de Fage et Legendre et des miennes qu'ils essaiment en surface *après* l'émission des spermatozoïdes. En effet, tous les mâles que j'ai capturés étaient à peu près vides et, dès 1924, M. Fage me signalait qu'il avait observé l'essaimage des mâles après fécondation.

Au double point de vue des métamorphoses et de la biologie, *L. glauca* constitue donc un passage intéressant entre les Néréidiens à métamorphoses complètes et ceux qui n'ont point de forme épitoque. Alors que le mâle présente une métamorphose qui pour être incomplète n'en est pas moins comparable à celle de la plupart des Néréidiens, la femelle ne subit que des modifications à peine sensibles. Bien que capable de nager en surface, elle

---

(1) R. Herpin, *Éthologie et développement de* Nereis (Neanthes) caudata *Delle Chiaje* (*Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 542); *Recherches biologiques sur la reproduction et le développement de quelques Annélides polychètes* (*Bull. Soc. Sc. nat. de l'Ouest*, 4e série, 5, 1925, p. 104 à 110 et p. 114).

(2) Ch. Gravier et J.-S. Dantan, *Sur une forme hétéronéréidienne femelle* (Leptonereis glauca *Clp.*) *et sur le dimorphisme sexuel chez les Néréidiens* (*Bull. Muséum Hist. nat. Paris*, **31**, 1925, p. 150).

pond, dans un tube, des œufs relativement gros qu'elle incube. Chez la *Pl. Dumerilii* hermaphrodite où les œufs sont plus gros, c'est le mâle qui incube; néanmoins, la femelle a une certaine survie et, en l'absence du mâle, est capable d'incuber plusieurs jours. Enfin, chez *N. caudata*, où les œufs sont énormes, la femelle n'a qu'une survie très courte et l'incubation par le mâle devient obligatoire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches histochimiques sur la répartition du calcaire dans la paroi de l'aorte normale de l'homme.* Note de M. **Pierre P. Ravault**, présentée par M. Widal.

Au cours de recherches sur la physiologie de la paroi vasculaire, nous avons été amenés à appliquer à l'étude de l'aorte humaine la méthode de la microincinération [1] qui est susceptible de fournir sur l'existence et la répartition histologique du calcaire des renseignements précis.

Nous avons choisi des aortes normales, indemnes de toute altération inflammatoire ou dégénérative. Quelques-unes appartenaient à des sujets âgés, et présentaient un épaississement régulier et modéré du tissu conjonctif de l'endartère; ce phénomène, qui répond à une sorte d'involution spontanée de l'intima avec l'âge, ne saurait être considéré comme pathologique.

Nos résultats peuvent être schématisés ainsi :

I. *Localisation des cendres calcaires dans la paroi aortique; la bande mésartérielle d'imprégnation calcaire.* — Le fait fondamental est la présence de calcaire dans la tunique moyenne, alors que les tuniques externe et interne en sont dépourvues.

L'intima contient quelques cendres éparses, en quantité minime; le revêtement endothélial est jalonné par une traînée très fine, parfois imperceptible. La tunique externe montre seulement des quantités négligeables de calcaire, paraissant répondre à des zones fibreuses ou à la paroi d'artérioles de l'adventice. Ces dépôts endartériels et mésartériels n'atteignent pas en importance ceux que donne la microincinération d'un fragment quelconque de tissu conjonctif lâche.

En revanche, la media renferme une notable quantité de cendres. Sur les coupes transversales de la paroi, le calcaire apparaît sous forme d'une

(1) Policard, *La minéralogie des coupes histologiques par calcination et son intérêt comme méthode histochimique générale* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1012).

bande ininterrompue de cendres, se superposant fidèlement à la tunique moyenne et en suivant toutes les inflexions. On peut appeler cette image, très caractéristique et absolument constante, la bande mésartérielle d'imprégnation calcaire. L'axe central de cette bande occupe à peu près le centre de la media et reste constamment à égale distance des deux bords interne et externe de cette tunique. La largeur de cette bande est variable : elle peut correspondre à toute l'épaisseur de la media; plus fréquemment, elle n'en occupe pas la totalité et se trouve sertie en dedans et en dehors par un mince liséré de mésartère à peu près dépourvu de calcaire.

II. *Densité et structure fine de la bande mésartérielle d'imprégnation calcaire.* — La quantité de cendres contenue dans la media est plus ou moins considérable, mais toujours de beaucoup supérieure à celle des autres tuniques et du tissu conjonctif environnant. Constamment, cette imprégnation est plus accentuée au centre de la bande; elle décroît graduellement à mesure que l'on se rapproche des bords : ceux-ci n'ont donc jamais de limites nettement tracées.

Les cendres sont disposées en fines stries, orientées parallèlement aux lames élastiques de la paroi. On a bien l'impression qu'il faut superposer le squelette de cendres calcaires à la charpente élastique du vaisseau, au moins dans la partie centrale de celle-ci.

Cette description générale comporte parfois des variations de détail. La bande mésartérielle peut être particulièrement dense; il semble en être ainsi dans la plupart des aortes de vieillards. D'autres fois, tout en gardant ses caractères morphologiques, elle prend un aspect moins homogène, comme tigré. Cet aspect est plutôt le fait des sujets jeunes ou ayant succombé après une longue période de cachexie (tuberculose, par exemple). Enfin, dans certaines aortes séniles, à intima un peu épaisse, la bande, tout en conservant son allure générale et sa situation mésartérielle, se rapproche, dans son ensemble, de la lumière du vaisseau.

Ces recherches d'histochimie sont susceptibles de renseigner sur les mutations des composés calcaires dans la paroi aortique, mutations si importantes en pathologie artérielle.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur l'existence du lactacidogène dans le sang.* Note de M[me] **Andrée Roche** et M. **Jean Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

On trouve dans 100$^{cm^3}$ de sang 30 à 50^{mg} de phosphore organique que l'hydrolyse acide libère facilement de ses combinaisons. Les travaux de Greenwald, Machebœuf, ont établi que les acides phosphoglycériques en constituent une partie. Ceux de Lawaczek (1), Goodwin et Robinson (2) ont montré la probabilité de l'existence dans le sang d'acides hexosephosphoriques, du lactacidogène en particulier. Toutefois, des difficultés d'ordre expérimental ont jusqu'ici empêché l'isolement de ces derniers corps ou de leurs produits de dégradation. Aussi leur présence demeure-t-elle entièrement hypothétique.

Cependant, si le sang renferme du lactacidogène, on peut faire l'hypothèse suivante : étant donné qu'il y existe une phosphatase, analogue à celle qui décompose le lactacidogène dans le suc de presse de muscle — et dont le rôle est de synthétiser ou de décomposer des composés phosphorés inconnus, probablement des acides hexosephosphoriques —, il doit être possible de saisir la dégradation du lactacidogène en étudiant la libération du phosphore minéral et de l'acide lactique. Si le sang contient un acide hexosephosphorique, la décomposition enzymatique de celui-ci doit libérer simultanément de l'acide lactique et du phosphore. Comme il est impossible d'opérer sur du sang normal *in vitro*, car la glycolyse y libère de l'acide lactique, nous nous sommes adressés au sang laqué dans lequel, suivant Lawaczek, on constate : 1° l'arrêt de la glycolyse et de l'action synthétisante de la phosphatase; 2° une forte augmentation du phosphore minéral, se produisant au cours des 3 à 4 heures qui suivent l'hémolyse. Observe-t-on une libération d'acide lactique simultanée à celle du phosphore minéral? Tel est le problème que nous nous sommes posé.

Nos expériences ont été conduites de la façon suivante : Du sang est pris aseptiquement par ponction cardiaque chez un chien à jeun; il est défibriné, puis laqué par addition du double de son volume d'eau distillée stérile. On le place alors dans un thermostat à 38-40° continuellement en mouvement. On y dose, au début de l'expérience et après 3 heures 30 mi-

(1) H. Lawaczek, *Bioch. Zeit.*, 145, 1925, p. 351.
(2) H.-W. Goodwin et R. Robinson, *Biochem. Journ.*, 18, 1924, p. 1161.

nutes de séjour au thermostat : le glycose, par la microméthode de Hagedorn-Jensen; le phosphore minéral, par la microméthode d'Embden; l'acide lactique, par la méthode de Meyerhof, Hirsch-Kauffmann. La stérilité du sang mis en expérience est contrôlée par ensemencement sur gélose ou sur bouillon.

Voici, réunies dans le tableau suivant, quelques-unes de nos recherches. Les résultats sont exprimés en milligrammes pour 100$^{cm^3}$ de sang :

		Expérience n°							
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Glycose	début	98	83	98	86	98	97	98	107
	après 3 heures 30.	95	80	98	82	93	95	98	103
Phosphore minéral	début	5,86	6,74	8,61	8,31	7,05	5,83	4,88	6,64
	après 3 heures 30.	10,07	13,80	13,20	13,10	12,85	9,86	8,13	11,10
Acide lactique	début	69,8	55,6	51,1	51,8	78,0	32,7	24,9	32,0
	après 3 heures 30.	83,3	75,3	62,7	64,1	98,3	42,9	32,0	41,8
Rapport $\frac{\text{Acide lactique libéré}}{\text{Phosphore libéré}}$		3,2	2,8	2,5	2,6	3,5	2,5	2,2	2,2

Dans le sang laqué, la libération de l'acide lactique se fait donc simultanément à celle du phosphore, exactement comme dans le suc de presse de muscle (Embden, Griesbach et Schmitz). La valeur théorique du rapport $\frac{\text{acide lactique}}{\text{phosphore}}$ est de 2,9 pour l'acide hexosediphosphorique et de 5,1 pour l'acide hexosemonophosphorique. Celles que nous avons obtenues expérimentalement parlent donc en faveur du composé hexosediphosphorique.

Toutefois, rien ne nous permet d'affirmer que tout le phosphore libéré provient de la dégradation d'un même corps, producteur, par ailleurs, d'acide lactique; aussi réservons-nous notre conclusion sur ce dernier point. Le phosphore est parfois libéré en quantité supérieure à celle prévue par le rapport $\frac{\text{acide lactique}}{\text{phosphore}}$ calculé pour l'acide hexosediphosphorique. Il est probable qu'il y a alors, en même temps que la décomposition du lactacidogène, dégradation d'un autre composé phosphoré inconnu.

Comme les acides hexosephosphoriques ont un pouvoir réducteur, on devrait noter une diminution parallèle à leur hydrolyse de l'indice de réduction du sang (glycose). Il n'en est rien dans la majorité des cas. Existe-t-il un phénomène compensateur libérant un corps à fonction réductrice? Ou bien l'origine de l'acide lactique et celle du phosphore libéré ne doit-elle pas être rapportée à une seule substance analogue à celle dont la dégrada-

tion produit, dans le suc de presse de muscle, un phénomène identique à celui que nous observons ?

Nos expériences n'apportent pas la solution de ce problème, mais elles nous permettent toutefois, à la suite des résultats obtenus, de considérer comme une hypothèse très vraisemblable l'existence de l'acide hexosediphosphorique dans le sang.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence des parois des vases sur les réactions des animaux.* Note de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. Bouvier.

En 1923, Norrish a reconnu que le brome se combine à l'éthylène environ deux fois plus vite au-dessus d'une surface d'acide stéarique qu'au-dessus d'une surface de verre; au contraire, contre paraffine, la réaction est très faible, un trentième de ce qu'elle est contre l'acide stéarique; ce dernier corps exercerait une action polarisante sur les molécules réagissantes, alors que la paraffine n'aurait aucune action polaire. Ces résultats sont considérés par Taylor (¹) comme particulièrement importants pour l'étude du mécanisme de la *catalyse par contact.*

Il y a déjà un certain temps que nous recherchons les effets des parois des vases sur les réactions des animaux qui y sont contenus. Nous avons publié ici même (²) les résultats obtenus avec des vases d'argent. Nous voulons montrer aujourd'hui que le contraste signalé par Norrish pour les réactions de chimie minérale se retrouve dans les réactions qui ont lieu chez l'être vivant.

Nous avons choisi tout d'abord comme réactif des organismes marins, les *Convoluta*, les sachant, pour les avoir maniées depuis longtemps, douées d'une polarité prononcée et d'une grande sensibilité vis-à-vis des agents physiques et chimiques.

1° Maintenues dans un verre de montre enduit de stéarine, les *Convoluta* ne tardent pas à succomber, parfois déjà au bout d'une demi-heure. Il ne s'agit pas là d'une action chimique : la stéarine comme la paraffine sont considérées par les chimistes comme insolubles dans l'eau; elles ne changent pas son pH; l'eau qui a séjourné au contact de la stéarine n'est pas toxique;

(¹) *Chemistry*, **28**, 1924, p. 897.
(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p 1651, et **183**, 1926, p. 571 et 677.

d'ailleurs dans les cas où le revêtement de stéarine est interrompu par endroits, permettant ainsi aux *Convoluta* d'échapper plus ou moins à son contact, la mort est retardée ou peut ne pas survenir.

2° Au contraire, sur paraffine, les *Convoluta* vivent fort bien et ont même meilleur aspect que sur verre (toutefois le phototropisme positif de ces Planaires, manifestation de leur polarité, s'affaiblit beaucoup, et souvent change de signe). Non seulement la paraffine n'est pas nuisible, mais elle protège contre diverses causes destructrices. Ainsi, quand les *Convoluta* sont exposées au soleil vif, sur fond blanc, elles ne tardent guère à se contracter fortement, et ensuite pendant de longues heures manifestent ce qu'on appelle la « fatigue lumineuse ». Ceci dans des vases de verre. Mais quand le vase est paraffiné, elles restent allongées, actives et d'un beau vert. Nous avons montré précédemment ([1]) que l'argent métallique exerce sur divers organismes une action rapidement mortelle. Or, quand on place des *Convoluta* dans deux verres de montre, dont un paraffiné et l'autre non, et qu'on plonge dans chacun un petit carré d'argent découpé dans une même lame, elles sont tuées sur verre au moment où elles sont encore parfaitement en vie sur paraffine.

L'étude des organismes d'eau douce n'est pas moins suggestive. Les Paramécies, sur un revêtement continu de stéarine, meurent assez rapidement, plus vite à la lumière qu'à l'obscurité. Tout comme les *Convoluta*, ces Infusoires sont protégés plus ou moins contre l'action nocive de l'argent métallique (et du cadmium, expériences inédites) par la paraffine. Celle-ci protège de même vis-à-vis du rouge neutre : dans une solution de ce colorant au $\frac{1}{10000}$, les Paramécies peuvent être tuées au bout d'une heure sur verre, et résister 24 heures sur paraffine. Et cependant la coloration de l'Infusoire, et par conséquent l'absorption de la substance nocive, se font de la même façon sur verre que sur paraffine. A noter que, même dans le verre, la résistance au rouge neutre peut être prolongée si les Infusoires se trouvent groupés en amas sur un débri organique; mais chaque fois qu'un individu s'en détache il ne tarde pas à périr : c'est là un nouvel exemple de ces *actions de masse*, que nous avons mises en évidence antérieurement et où interviennent peut-être aussi des phénomènes de contact.

Des expériences rapportées ci-dessus nous semble se dégager cette conclusion que l'acide stéarique catalyse certaines réactions chimiques nui-

---

([1]) *Loc. cit.*

sibles à l'être vivant; la paraffine au contraire aurait des effets inhibiteurs.

On sait depuis longtemps que le sang ne coagule pas dans les vases paraffinés. Delezenne a montré qu'un suc pancréatique additionné de calcium, qui s'active en quelques heures dans un tube de verre ordinaire, reste inactif pendant un ou plusieurs jours, voire indéfiniment dans un tube de verre à paroi paraffinée. Pour cet auteur, c'est la nature physique de la paroi et sans doute sa charge électrique qui est en cause ([1]).

PROTISTOLOGIE. — *Le cycle évolutif de la* Synophrya hypertrophica (*cilié* Fœttingeriidæ). Note ([2]) de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

L'Infusoire que nous avons décrit ([3]) sous le nom de *Synophrya hypertrophica* ne nous était connu jusqu'ici que sous deux formes : une forme végétative, non ciliée, volumineuse, hypertrophique, à réseau macronucléaire dense, enkystée dans les feuillets branchiaux ou sous la peau de divers crabes (*Carcinus mænas*, *Portunus depurator*, *P. pusillus*, *P. holsatus*, *P. puber*, etc.) et une forme de multiplication, petit cilié mobile, qui procède de la première par division multiple simultanée (syntomie). Nous avons établi que cette multiplication du parasite est déclenchée par la mue du Crabe.

Nous avons montré d'autre part que tous les *Fœttingeriidæ* ([4]) des Crustacés évoluent par trois phases : 1° une phase phorétique où le cilié est enkysté sur le tégument du Crustacé et subit une profonde métamorphose qui transforme sa ciliature méridienne en une ciliature hélicoïdale; 2° une phase trophique déterminée par la mue ou la mort de l'hôte qui provoque l'éclosion des kystes phorétiques, d'où sortent de jeunes trophontes mobiles qui pénètrent dans la dépouille du Crustacé et s'y accroissent; 3° une phase de multiplication (phase *palintomique*) qui aboutit à la formation de nombreux tomites qui, s'enkystant sur les Crustacés, reproduisent le kyste phorétique.

Considérant le stade interne de la *Synophrya* comme l'équivalent de la

---

([1]) *Annales de Physiol.*, **2**, 1926, p. 531.

([2]) Séance du 17 octobre 1927.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **94**, 1926, p. 282, et *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1131.

([4]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1642 et 1850; **180**, 1925, p. 229 et 338; **182**, 1926, p. 100; **185**, 1927, p. 675; *C. R. Soc. Biol.*, **96**, 1927, p. 6.

forme trophique ou trophonte des autres espèces, sa multiplication comme l'équivalent de la phase palintomique, et les jeunes individus qui en procèdent comme les tomites, nous émettions l'hypothèse que ceux-ci devaient passer à l'état de kystes phorétiques sur quelque Crustacé. Ces kystes ingérés avec leur porteur par le Crabe auraient reproduit chez celui-ci le trophonte interne.

Entre temps, nous avons démontré l'existence d'une phase phorétique nécessaire chez la *Fœttingeria actiniarum*. Cette vérification renforçait notre hypothèse. Et cependant, pour la *Synophrya*, la réalité fut longue à découvrir. Il ne nous fut possible d'obtenir la fixation des petites *Synophrya* issues du trophonte interne sur aucun Crustacé, y compris le Crabe même qui venait de muer. Une de nos données était fausse : les petites *Synophrya* que nous homologuions aux tomites des autres *Fœttingeriidæ* ne leur sont point équivalentes. L'étude minutieuse de leur ciliature et de sa genèse, *in vivo* et par imprégnation à l'argent, a révélé qu'ils sont du type des jeunes trophontes issus de la métamorphose phorétique et non du type du tomite précédant cette métamorphose. On ne devait donc pas s'attendre à les voir donner des kystes phorétiques. Ils ne pouvaient que se nourrir et s'accroître. Où? Dans la mue elle-même. C'est en effet ce que nous avons constaté. Cet accroissement terminé, les trophontes, comme ceux de tous les autres *Fœttingeriidæ*, évoluent en kystes palintomiques qui livrent les tomites, prêts eux-mêmes à passer à l'état phorétique. Ici l'hôte phorétique est le Crabe lui-même. On trouve, quelques heures après avoir placé celui-ci en présence des tomites de *Synophrya*, les kystes phorétiques de celle-ci sur le tégument et sur les branchies. Ils sont pédonculés comme ceux des *Gymnodinioïdes*, mais appliqués par une large partie de leur surface au tégument du Crabe, présentant au centre de cette surface de contact une cheville réfringente qui fait saillie dans la cavité du kyste en déprimant à son niveau le corps du Cilié.

Et au bout de quelques jours on peut voir dans certains de ces kystes le tomite transformé en jeune trophonte, tandis que d'autres sont vidés de leur contenu; on retrouve celui-ci sous le tégument du Crabe, déjà accru et déjà enveloppé d'un kyste mince, avec un macronucléus circonvolutionné comme celui des toutes jeunes *Fœttingeria* ou des *Spirophrya*, mais pas encore réticulé. Un petit orifice de forme et de dimensions constantes, triangle curviligne à peu près équilatéral correspondant exactement à la forme et aux dimensions de la cheville réfringente, fait communiquer le kyste phorétique vide avec le kyste qui protège le trophonte.

Le cycle évolutif de la *Synophrya* comprend donc bien une phase phorétique avec métamorphose. Mais il est plus exactement calqué encore que nous ne l'avions prévu sur celui des autres *Fœttingeriidæ*, puisqu'il présente aussi une forme trophique mobile dans la mue du Crabe et une palintomie dans le milieu externe. Les trois phases fondamentales des autres espèces s'y retrouvent donc intégralement.

Mais que représente alors le trophonte interne et sa multiplication? deux phases supplémentaires. Alors que chez les autres espèces, le kyste phorétique n'éclôt qu'à la mue ou à la mort du Crustacé et que le jeune trophonte ne pénètre jamais dans celui-ci vivant, ce jeune trophonte s'inocule ici spontanément dans le Crabe à travers son tégument et s'y développe en un énorme trophonte immobile et enkysté qui se multipliera à la mue, ne produisant qu'à ce moment les petits trophontes qui s'accroîtront dans celle-ci (trophontes exuvicoles). Aux trois phases normales énumérées ci-dessus, se surajoutent donc ici la phase de trophonte interne et la multiplication subséquente qui produit les jeunes trophontes exuvicoles. Par opposition à ceux-ci, nous appelons trophonte sanguicole ou hypertrophonte le trophonte immobile interne surajouté.

La *Synophrya* constitue, à notre connaissance, le premier exemple d'un Cilié qui s'inocule dans la cavité générale de son hôte à travers le tégument, fait d'autant plus remarquable que celui-ci est protégé, même aux endroits les plus minces, par une cuticule chitineuse résistante.

A 16h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 25 juillet 1927.)

Note de M. *G. Pfeiffer*, Construction d'après un système d'équations linéaires aux dérivées partielles... :

Page 247, ajouter les quatre lignes suivantes à la fin de la Note :

$$R_h = Q_{q+1}^{\omega+h},$$

$$R_{h\atop\tau}^{\sigma} = \frac{1}{Q}\left(Q_\tau^\sigma Q_{q+1}^{\omega+h} - Q_{q+1}^\sigma Q_\tau^{\omega+h}\right),$$

$$R_{h\atop q+1}^{\sigma} = Q_{q+1}^{\sigma}$$

$$(\sigma = 1, 2, \ldots, k;\ \tau = 1, 2, \ldots, q).$$

(Séance du 26 septembre 1927).

Note de MM. *F. Dienert* et *P. Etrillard*, Action du chlore libre sur les microbes :

Page 622, lignes 3 et 4, *au lieu* $0^{mg},1$ de chlore libre, *lire* $0^{mg},1$ de chlore par litre.

(Séance du 9 octobre 1927.)

Note de M. *G. Athanassopoulos*, Sur un caractère somatométrique des Mérous :

Pages 665, 666 et Table des articles, *au lieu de* Nereus, *lire* Mérous.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 OCTOBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Kolossoff**, de l'Université de Leningrad, et à M. **Vasilesco Karpen**, professeur de l'Université de Bucarest, qui assistent à la séance.

PRÉHISTOIRE. — *Nouvelles observations sur le gisement néolithique de Glozel (Allier).* Note [1] de M. **Ch. Depéret.**

Dans une Note antérieure [2] j'ai fait connaître, à la suite d'une fouille en compagnie de M. Viennot, mon sentiment sur l'âge du gisement de Glozel, que j'ai estimé être néolithique aussi bien pour l'outillage que pour les signes alphabétiformes qui l'ont rendu célèbre.

Depuis cette époque, d'ardentes controverses se sont élevées soit au sujet de l'authenticité, soit au sujet de l'âge du gisement. A la suite des accusations de fausseté portées contre ses explorateurs, MM. Morlet et E. Fradin, par plusieurs historiens et préhistoriens, j'ai voulu pratiquer fin juillet dernier, en compagnie de MM. Arcelin et Bjorn, du Musée d'Oslo, une nouvelle fouille dont les résultats ont confirmé toutes mes impressions antérieures.

1° *Authenticité du gisement.* — On a prétendu que les objets composant le riche outillage de Glozel avaient été fabriqués de toutes pièces et introduits frauduleusement dans la couche argileuse archéologique. Afin de

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 630.

répondre à l'accusation d'une introduction latérale des objets par tunnel pratiqué sur les parois des tranchées, nous avons choisi nous-mêmes un carré de terrain placé à 3ᵐ de distance minima de la tranchée la plus voisine, ce qui rendait matériellement impossible la manœuvre en question. Le sol était rempli de tiges et de racines d'herbes et d'arbustes intactes et en place. Après avoir enlevé avec soin la terre végétale de $0^m,30$ d'épaisseur, nous avons fouillé l'argile jaune d'abord assez molle qui, sur $0^m,40$ d'épaisseur moyenne, contient la couche archéologique. Cette couche passe, en bas, à une argile jaune plus compacte qui devait constituer le sol de l'époque. Dans ces conditions et grâce aux radicelles et racines qui traversaient le terrain et entouraient parfois les objets archéologiques, aucune supercherie n'était possible, ni aucune introduction d'objets par côté, ni par-dessus. Fouillant nous-mêmes au couteau, nous avons chacun, M. Arcelin et moi, recueilli plusieurs pièces préhistoriques : un galet avec gravure d'une tête de petit bœuf, un morceau d'ocre rouge, une pendeloque de pierre, un poinçon en os incisé de traits parallèles. Très près et à droite de notre terrain, j'ai recueilli moi-même un galet de roche dure, métamorphique, avec des lettres gravées de l'alphabet de Glozel, surmontées d'un ornement en zigzag.

Quelques semaines plus tard, mon collaborateur M. Mayet, en compagnie de M. Mendes Corréa, faisait une fouille dans les mêmes conditions sévères. Ils découvraient eux-mêmes un galet de schiste avec 9 lettres, deux poinçons en os et une statuette phallique.

Plus récemment encore, M. Solignac, géologue de Tunis, accompagné de M. Peyrony, des Eyzies, de M. Tafrali, de Jassy et de M. Vergne, du musée de Villeneuve-sur-Lot, dans une fouille semblable, recueillaient : un disque de schiste percé d'un trou biconique, une pendeloque en schiste, un poinçon en os, un anneau de schiste avec lettres gravées, une statuette phallique, un hameçon en os — les objets en os étaient, disent-ils, parfaitement fossilisés.

Tous les savants précités apportent, comme moi-même, leur témoignage formel en faveur de l'authenticité des pièces trouvées par eux, tant pour les objets en pierre et en os que pour l'écriture.

Il est une autre preuve d'authenticité comme aussi d'ancienneté de l'écriture de Glozel : c'est l'existence de cet alphabet dans d'autres stations de France et de l'étranger. Je rappellerai d'abord la découverte. par Ricardo Severo, sous le dolmen d'Alvao (Portugal) de deux plaquettes de roche portant des signes alphabétiformes, sans doute un peu plus récents que les tablettes de Glozel, mais offrant un grand nombre de signes identiques. Elles leur sont, en conséquence, très apparentées.

En France, il existe, dans l'Allier, plusieurs stations néolithiques, caractérisées par des haches polies, qui contiennent des anneaux en schiste, pendeloques plutôt que bracelets. Pérot, en 1917, a figuré un disque central (déchet de fabrication d'un anneau) trouvé à Sorbiers par M. Clément et portant quatre signes de l'alphabet glozélien. M. Clément nous a montré dans sa collection et a bien voulu permettre de mouler deux autres de ces disques : l'un du gisement des Berthelots près les Mines de Bert (dit à tort gisement de Montcombroux) porte le V à branche droite rabattue en bas, caractéristique de l'alphabet de Glozel; l'autre, de Blénières, porte un décor en zigzag glozélien avec lettres de Glozel sur le côté.

Enfin, preuve encore plus convaincante, on connaît depuis plus ou moins longtemps des *rudiments ancestraux du même alphabet* qui datent de l'époque magdalénienne et proviennent de différentes grottes : gravures pariétales à Montespan-Ganties (M. Cazedessus) et sur os, à Gourdan (Haute-Garonne); sur os ou bois de Renne à la Madeleine (Dordogne), à Lacave (Lot), à Rochebertier (Charente).

La multiplicité des stations où l'écriture de Glozel est maintenant connue rend impossible de penser que cette écriture ait été imaginée à Glozel pour les besoins de la cause.

2° *Age du gisement.* — Il n'a pas été moins discuté que l'authenticité. On connaît l'opinion de l'éminent historien, M. Camille Jullian, qui lit sur les tablettes de Glozel une écriture latine cursive, due à une sorcière gallo-romaine établie en ce point. Je me garderai d'aborder le terrain de l'épigraphie qui m'est totalement étranger. Je dois cependant rappeler que d'autres épigraphistes non moins éminents, MM. Audollent, Espérandieu, Loth, Salomon Reinach, etc., n'acceptent nullement l'interprétation de M. Jullian. Je ferai ressortir aussi la haute invraisemblance de l'hypothèse d'une sorcière romaine collectionnant un outillage néolithique très spécial, inconnu ailleurs dans la région et même en France, cela sans laisser dans la station la moindre trace d'objets romains. A l'heure actuelle, M. Jullian est sans doute le seul historien qui reste attaché à cette hypothèse.

Dans ma Note de 1926, un peu retenu par l'idée de trop vieillir l'invention de l'écriture, j'avais adopté pour Glozel un âge néolithique, mais plutôt de la fin de cette période. Les découvertes récentes m'amènent maintenant à reculer cet âge jusqu'au début du Néolithique, près du Paléolithique final. Les raisons sont surtout d'ordre paléontologique. L'an dernier, je n'avais déterminé, d'après les dents trouvées dans le terrain, qu'une faune récente comprenant le Sanglier, le Cheval, le Bœuf, la Chèvre, le Daim

(ce dernier toutefois *disparu de la contrée*) et je me refusais à reconnaître le Renne dans un dessin sur galet, animal dont le bois me paraît se rapprocher plutôt de celui d'un jeune Élan. Depuis, la présenee de l'Élan a été confirmée par deux dessins de très jeunes sujets au mufle très allongé et recourbé en bas. Mais un autre dessin sur plaque de grès schisteux, plus récemment trouvé, appartient sans conteste au Renne, avec son andouiller basilaire déjeté en avant au-dessus du nez et terminé par une empaumure trifurquée. Or le Renne a disparu de nos contrées à la fin du Paléolithique, sauf dans quelques rares gisements aziliens, tel que la grotte de la Tourasse.

La présence indiscutable, quoique sans doute très rare, d'un Renne figuré à Glozel, s'ajoute à d'autres réminiscences magdaléniennes de l'outillage pour m'amener maintenant à admettre que le gisement de Glozel se rapproche du Paléolithique final avec lequel il s'apparente à la fois par la faune, par l'outillage et aussi, comme il a été dit plus haut, par l'écriture.

Conclusions. — Mes conclusions seront donc les suivantes :

1° Le gisement de Glozel est un cimetière datant de l'extrême début du Néolithique;

2° Les Glozéliens pratiquaient le culte des morts en déposant dans leurs tombes (dont trois ont été découvertes jusqu'ici) et autour des tombes de nombreux objets votifs : outils en pierre et en os, poteries, dessins d'animaux, plaquettes d'écriture. Ces objets abandonnés sur le sol de l'époque, et non pas enfouis comme on l'a dit, ont été recouverts ensuite au cours des siècles par le ruissellement continu d'argile kaolinique sur la pente;

3° Parmi ces objets votifs, il faut mentionner spécialement les vases renflés à tête de mort, rappelant de loin ceux d'Hissarlik, vases que leur ouverture très étroite empêche d'avoir pu être utilisés pour un usage domestique quelconque. Ce sont, à mon avis, des *urnes funéraires*, où l'on a déposé des cendres que mon collègue de Lyon, M. Couturier, a bien voulu analyser et qu'il a reconnues nettement pour des *cendres d'os*. J'en conclus à l'usage, au moins partiel, de la *crémation des cadavres* — hypothèse que justifie la rareté des ossements humains dans les tombes et, je crois aussi, la fosse ovalaire aux parois légèrement vitrifiées que l'on a prise à tort pour un four de verrier;

4° Ainsi le gisement de Glozel se révèle comme une découverte de premier ordre, en raison surtout de l'existence insoupçonnée en Europe d'une écriture très complète à une époque fort antérieure à celle de toutes les écritures de l'Orient.

M. R. **Bourgeois** fait hommage à l'Académie du *Cours d'Astronomie et de Géodésie de l'École Polytechnique*, première partie, deuxième fascicule : *Géodésie, Géographie*, par H. Faye, qu'il a revu et mis à jour.

M. N. E. **Nörlund** fait hommage à l'Académie d'un mémoire intitulé *Sur la « Somme » d'une Fonction*, qui forme le fascicule XXIV du *Mémorial des Sciences mathématiques*.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des 31 suffrages exprimés, MM. **L. Guignard**, **E. Roux**, **P. Villard**, **L. Mangin**, **H. Lecomte**, **Leclainche**, **H. Vincent** sont désignés pour composer, avec le Bureau de l'Académie, la commission du *prix Le Conte*.

NOMINATIONS.

Le **Bureau de l'Académie** et MM. **P. Villard**, **M. Brillouin**, **A. Cotton** sont délégués à l'inauguration des nouveaux bâtiments de l'*École supérieure d'électricité*, le 10 novembre 1927.

PRÉSENTATIONS.

Pour la chaire de *Théorie générale des assurances et assurances sociales*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, M. **Risser** est désigné en première ligne par 24 suffrages contre 12 à M. *Razous*. Il y a 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. **Razous** obtient 31 suffrages. Il y a 1 bulletin blanc.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie des Sciences de Vienne**, la **Bibliothèque publique d'État a Leningrad** adressent des télégrammes exprimant les sentiments que leur inspire le *Centenaire de Marcelin Berthelot.*

M. le **Directeur de l'Institut national agronomique** prie l'Académie de désigner l'un de ses Membres qui occupera, dans le *Conseil d'administration* de cet établissement, la place vacante, le 31 décembre prochain, par l'expiration des pouvoirs de M. *P. Marchal.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

Ptolémée. Composition mathématique. Traduction de Halma (avec le texte grec) suivie des notes de Delambre; réimpression fac-simile. (Présenté par M. H. Andoyer.)

M. **E. Schribaux** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la section d'économie rurale par le décès de M. *G. André.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Résolution théorique du problème de l'échange de chaleur par circulation d'un fluide non visqueux en mouvement tranquille, avec potentiel de vitesses, à l'intérieur d'un tube.* Note [1] de M. **A. Lévêque**, présentée par M. G. Kœnigs.

Nous avons traité d'abord le cas du tube cylindrique à section circulaire, et le cas de la circulation entre deux plateaux parallèles, en supposant la vitesse V uniforme dans une section droite, la température initiale du

[1] Séance du 24 octobre 1927.

fluide t_1 uniforme dans la section droite d'entrée, et la température t_0 de la paroi, également uniforme. Nous avons admis que la vitesse était suffisante pour que l'influence des différences de température sur le mouvement soit négligeable.

1° *Double plateau.* — C'est le problème plan. Soient zOx le plan médian et Ox la direction de la vitesse.

Si $a^2 = \frac{K}{c\rho}$ (K, coefficient de conductibilité du fluide; ρ, masse spécifique; c, chaleur spécifique à pression constante; ces grandeurs sont supposées constantes); on a l'équation

$$\frac{\partial t}{\partial x} = \frac{a^2}{V}\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{d^2 t}{dy^2}\right),$$

qui se résout par les séries de Fourier, à condition de négliger $\frac{d^2 t}{dx^2}$ devant $\frac{\partial^2 t}{\partial y^2}$, ce qui est légitime avec les fluides mauvais conducteurs.

On calcule ainsi les grandeurs :

Q, chaleur échangée par unité de surface et de temps pour l'abscisse x;
t_m, température moyenne dans une section d'abscisse x.
$\alpha_x = \frac{Q}{t_m - t_0}$, coefficient de convection vrai pour l'abscisse x;
$\alpha_0'^x = \frac{\int_0^x Q\,dx}{\int_0^x (t_m - t_0)\,dx}$, coefficient moyen de convection pour la longueur x;

qui sont fonctions de $\lambda = \frac{Y}{a}\sqrt{\frac{V}{x}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2Y}{x}\frac{2YV}{a^2}}$, par l'intermédiaire d'une série exponentielle.

Pour $\lambda < 0,7$, on a approximativement :

$$\alpha_x = \frac{\pi^2}{4}\frac{K}{Y} = \text{const.} \qquad \text{et} \qquad \alpha_0'^x = 3\frac{K}{Y} = \text{const.},$$

tandis que pour $\lambda > \pi$, la série peut se remplacer par sa valeur asymptotique d'où l'on tire

$$\alpha_x = \frac{K}{Y}\frac{\lambda}{\sqrt{\pi}}\frac{1}{1 - \frac{2}{\lambda\sqrt{\pi}}} = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{Kc\rho V}{x}}\,\frac{1}{1 - \frac{2a}{Y}\sqrt{\frac{x}{\pi V}}};$$

$$\alpha_0'^x = \frac{K}{Y}\frac{2\lambda}{\sqrt{\pi}}\frac{1}{1 - \frac{4}{3\lambda\sqrt{\pi}}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{Kc\rho V}{x}}\,\frac{1}{1 - \frac{4}{3}\frac{a}{Y}\sqrt{\frac{x}{\pi V}}}.$$

Quand λ devient grand, on retrouve les formules données par M. Boussinesq, ce qui est logique, l'épaisseur fluide échangée devenant inférieure à la demi-distance des plateaux.

2° *Tube cylindrique circulaire*. — C'est le problème de révolution.

On obtient des résultats absolument parallèles aux précédents, en employant cette fois des séries de fonctions J_0 de Bessel.

On trouve encore que Q, t_m, α_x et $\alpha_0'^x$ sont fonctions de la variable unique

$$\lambda = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2R}{x}\frac{2RV}{a^2}}$$

$\left(Pe = \frac{a^2}{2RV}\text{ est le nombre de Peclet}\right)$ par l'intermédiaire d'une série exponentielle où entrent les racines de J_0.

Pour $\lambda < 1$, on peut écrire approximativement, μ_1 étant la première de ces racines :

$$\alpha_x = \mu_1^2\frac{K}{2R} = 2,89\frac{K}{R},$$

$$\alpha_0'^x = 4\frac{K}{R}.$$

Pour $\lambda > 9$, la série peut se remplacer par sa valeur asymptotique, et l'on a sensiblement

$$\alpha_x = \frac{K}{R}\frac{\lambda}{\sqrt{\pi}}\frac{1-\frac{\sqrt{\pi}}{2\lambda}}{1-\frac{4}{\lambda\sqrt{\pi}}},$$

$$\alpha_0'^x = \frac{K}{R}\frac{2\lambda}{\sqrt{\pi}}\frac{1-\frac{\sqrt{\pi}}{4\lambda}}{1-\frac{8}{3\lambda\sqrt{\pi}}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{Kc\rho V}{x}}\left[1-\frac{a}{4R}\sqrt{\frac{\pi x}{V}}\right]\frac{1}{1-\frac{8}{3}\frac{a}{R}\sqrt{\frac{x}{\pi V}}};$$

quand λ grandit, on retombe sur les formules de M. Boussinesq :

$$\lim(\alpha_0'^x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{Kc\rho V}{x}}.$$

3° *Problème-plan général*. — Les formules du premier problème se généralisent au cas du fluide parcourant tout l'espace compris entre deux parois cylindriques de génératrices parallèles, et avec une vitesse normale à ces génératrices quand il y a potentiel de vitesses, par la méthode indiquée par M. Boussinesq.

4° *Problème du tube de révolution quelconque.* — Le problème du tube cylindrique circulaire se généralise également, mais de façon moins parfaite, par une méthode indiquée encore par M. Boussinesq.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'interprétation des masses de l'électron et du proton dans l'univers à cinq dimensions.* Note [1] de M. **A. Schidlof**, présentée par M. Maurice de Broglie.

M. L. de Broglie [2] a donné une représentation géométrique très simple de la charge électrique d'un point matériel dans l'univers à cinq dimensions de M. Kaluza [3]. Cette représentation est basée sur les considérations théoriques de M. O. Klein [4] qui permettent de démontrer que l'expression

$$\mathrm{I}^2 = m^2 - \frac{e^2}{16\pi \mathrm{C}} \tag{1}$$

est invariante dans l'univers à cinq dimensions, m signifiant la masse propre du point matériel, e sa charge et C la constante newtonienne de la gravitation universelle. I sera donc un vecteur dont la composante covariante suivant la direction x^0 est proportionnelle à la charge électrique e du point matériel, tandis que la projection orthogonale du vecteur sur une droite perpendiculaire à x^0, appartenant à la multiplicité quadridimensionnelle $x^0 =$ const. qui correspond à l'espace-temps de la physique, est proportionnelle à la masse propre m du point.

Soit $d\sigma$ l'élément invariant de la ligne d'univers du point matériel, et soient $d\mathfrak{S}$ et ds deux différentielles invariantes.

Il vient

$$\left(\frac{d\mathfrak{S}}{d\sigma}\right)^2 + \left(\frac{ds}{d\sigma}\right)^2 = 1. \tag{2}$$

Pour obtenir les équations du mouvement usuelles du point matériel dans

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) L. de Broglie, *L'univers à cinq dimensions et la mécanique ondulatoire* (*Journ. de Phys.*, 8, 1927, p. 65-75).

(3) Th. Kaluza, *Sitzungsber. Akad. Berl.*, 1921, p. 966.

(4) O. Klein, *Zeitschr. f. Phys.*, 37, 1926, p. 895-906.

des champs électriques ou gravifiques, M. de Broglie [1] pose :

$$(3) \qquad \mathrm{I}\frac{d\vartheta}{d\sigma} = \frac{e}{\sqrt{-16\pi C}}, \qquad \mathrm{I}\frac{ds}{d\sigma} = m.$$

En appliquant ces considérations générales au proton et à l'électron, nous constaterons d'abord que le rapport

$$\frac{m^2}{\frac{e^2}{16\pi C}}$$

est de l'ordre de 4.10^{-35} pour le proton et de l'ordre de 10^{-41} pour l'électron. Cette circonstance nous suggère l'idée d'attribuer au vecteur d'univers la même grandeur dans les deux cas ; mais puisque, d'autre part, les composantes covariantes suivant x^0 sont, pour le proton et pour l'électron égales et opposées tandis que la projection orthogonale sur la direction ds est pour le proton 1840 fois plus grande que pour l'électron, cette supposition doit être abandonnée si ds^2 est en toute rigueur un invariant dans l'univers à cinq dimensions.

Si nous nous affranchissons des restrictions que MM. Klein et de Broglie placent à la base de leur théorie en supposant que dans l'univers à cinq dimensions les transformations des coordonnées telles que ds reste dans le plan défini par $d\sigma$ et $d\vartheta$ ont une signification, la relation générale entre les trois différentielles $d\vartheta$, ds et $d\sigma$ est

$$(4) \qquad d\sigma^2 = a\,d\vartheta^2 + b\,d\vartheta\,ds + c\,ds^2,$$

a, b, c étant des fonctions des composantes γ_{ik} (i, $k = 0, 1, 2, 3, 4$) du tenseur métrique et, par conséquent, des fonctions des coordonnées.

Cependant, si la relation (4) est appliquée au mouvement d'un point matériel en l'absence de tout champ extérieur les γ_{ik} et, par suite, les coefficients a, b, c sont des constantes universelles.

Supposons, de plus, que le rapport $\left(\frac{d\vartheta}{d\sigma}\right)^2$ présente la même valeur quelle que soit la charge électrique du point matériel.

---

(1) L. DE BROGLIE, *loc. cit.*

L'équation (4) peut alors s'écrire

$$\left(\frac{ds}{d\mathfrak{S}}\right)^2 - \beta_1\sqrt{-1}\,\frac{ds}{d\mathfrak{S}} - \beta_2 = 0, \tag{5}$$

β_1 et β_2 étant des coefficients positifs. Selon les formules (3), qui probablement ne sont pas rigoureusement exactes, mais qui sont sans doute suffisamment approchées pour qu'on puisse en faire usage ici, on a

$$\frac{ds}{d\mathfrak{S}} = \sqrt{-16\pi G}\,\frac{m}{e}. \tag{6}$$

L'équation (5) exprime donc la masse propre du point matériel en fonction de sa charge. Il vient

$$m^2 - \frac{e\beta_1}{\sqrt{16\pi G}}\,m - \frac{e^2\beta_2}{16\pi G} = 0. \tag{7}$$

Si l'on y introduit les valeurs

$$\frac{e\beta_1}{\sqrt{16\pi G}} = \pm M, \qquad \frac{e^2\beta_2}{16\pi G} = M\mu, \tag{8}$$

l'équation (7) fournit la masse de l'électron μ et celle du proton $M + \mu$, le signe $+$ se rapportant au proton. On obtient en effet d'après (7) et (8) les solutions

$$m = \pm\frac{M}{2} + \frac{M}{2}\sqrt{1 + \frac{4\mu}{M}}. \tag{9}$$

Les solutions négatives de l'équation du second degré sont dépourvues de signification physique. Les formules (8) permettent le calcul de la valeur numérique des coefficients β_1 et β_2 de l'équation (7) qui, en principe, a une signification universelle. Pour $e = 0$, on trouve $m = 0$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesures réfractométriques sur les solutions colloïdales.*
Note [1] de M. **Boutaric** et M[lle] **G. Perreau**.

1. En utilisant un réfractomètre interférentiel, nous avons pu suivre quelques-unes des transformations qui se produisent dans la floculation des solutions colloïdales.

2. Le réfractomètre interférentiel permet d'évaluer l'accroissement d'indice que produit la présence des micelles dans la solution colloïdale.

On sait qu'il faut distinguer dans un hydrosol : 1° le liquide intermicellaire qui est une solution aqueuse ordinaire, très faiblement concentrée, de divers électrolytes; 2° les micelles. Les mesures que nous avons faites nous ont permis d'apprécier la part due à ces deux constituants dans la valeur de l'indice de réfraction.

a. L'indice du liquide intermicellaire, séparé par ultrafiltration sur collodion, est naturellement d'autant plus voisin de celui du solvant (l'eau dans le cas des hydrosols) que le sol a été plus longuement dialysé. Les mesures d'indice de réfraction du liquide intermicellaire permettent de suivre très aisément les progrès de la dialyse.

b. En mettant le sol dans l'une des cuves α ou β et le liquide intermicellaire, obtenu par ultrafiltration, dans l'autre, nous avons comparé l'indice du sol à celui de son liquide intermicellaire. Les nombres contenus dans le tableau suivant (où les indices sont exprimés en valeurs relatives) montrent qu'il existe une différence d'indice δ_n très nette entre le sol et le liquide intermicellaire. (Une unité dans les valeurs de δ_n correspond à une variation d'indice égale à 0,0000013.) Cette différence croît proportionnellement à la concentration.

c. De la solution colloïdale (exprimée en grammes de micelles par litre) [2], les sols étaient fortement dialysés et l'indice du liquide intermicellaire était pratiquement égal à celui de l'eau.

---

[1] Séance du 24 octobre 1927.

[2] Les sols de diverses concentrations étaient obtenus en diluant dans des proportions variables, au moyen d'eau distillée, un même sol initial.

Sols de sulfure d'arsenic.		Sols d'hydrate ferrique.		Suspensions de gomme-gutte.	
C.	δ_n.	C.	δ_n.	C.	δ_n.
2,06 g	211	0,86 g	38	0,435 g	32
1,55	158	0,43	19	0,290	22
0,775	79	0,215	9	0,218	16

3. Si l'on mesure l'indice d'un sol dans lequel on a introduit une quantité d'électrolyte suffisante pour déterminer une floculation assez lente, on n'observe aucune variation appréciable de l'indice au cours de l'évolution qui précède la floculation. L'indice demeure constant dans les limites où l'on peut faire les mesures, c'est-à-dire tant que, au cours de cette évolution, le liquide reste assez transparent pour permettre l'observation des franges. Une diminution brusque d'indice apparaît après la sédimentation.

4. L'interféromètre nous a permis d'étudier les phénomènes d'adsorption qui se produisent lors de la sédimentation. Il suffit pour cela de comparer l'indice du liquide surnageant les micelles lorsque la floculation est terminée avec l'indice d'une solution électrolytique de même volume contenant la quantité d'électrolyte utilisée pour produire la floculation. Nous avons pu ainsi établir très aisément les isothermes d'adsorption par les micelles de divers colloïdes (sulfure d'arsenic, hydrate ferrique, gomme-gutte, résine mastic). Les résultats de ces mesures seront publiés dans un autre Recueil.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'équilibre ionique :* $Al(OH)^3 + 6F \rightleftharpoons AlF^6 + 3OH$. Note [1] de M. **A. Travers**, présentée par M. Matignon.

L'étude de cet équilibre a une très grande importance en Chimie analytique. La réaction de gauche à droite fournit en effet un des meilleurs (sinon le meilleur) *réactifs qualitatifs de l'alumine*, *à côté de la silice*, applicable même à l'alumine calcinée à 1200°; d'autre part les conditions de stabilité (zone de pH) de la cryolithe sont très importantes à connaître dans la séparation de la silice et du fluor en présence d'alumine, et dans le dosage du fluor ou de SiO^2 sous forme d'hydrofluosilicate de potassium [2], *en présence d'alumine.*

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) A. Travers, *Comptes rendus*, 173, 1922, p. 714 et 836.

I. ÉTUDE DE LA RÉACTION DE GAUCHE A DROITE. — A. *Étude qualitative.* — Si l'on traite par une solution de fluorure de potassium *rigoureusement neutre à la phtaléine* de l'hydrate d'aluminium sous forme de gel, desséché ou non, ou de cristaux d'alumine, mis en suspension dans l'eau additionnée du réactif, on observe rapidement, surtout à chaud, un rougissement très net, correspondant à la mise en liberté d'ions OH, suivant l'équation précédente. On a une réaction plus nette encore, en remplaçant la solution de fluorure par un cristal de ce corps, qui devient rouge, la concentration locale en fluorure plus élevée favorisant la réaction.

Celle-ci est applicable même à l'alumine *calcinée*, à condition de la faire bouillir d'abord quelques minutes dans de l'eau, ce qui démontre en passant :

1° Qu'il y a eu hydratation de l'alumine (¹);

2° Que l'hydrate formé a une solubilité appréciable, quoique très faible.

Dans les mêmes conditions, la silice et l'acide titanique ne donnent aucune réaction, car le fluosilicate et le fluotitanate susceptibles de se former sont décomposés pour $pH > 6$.

B. *Étude quantitative.* — *a.* Nos essais ont porté d'abord sur de l'hydrate d'aluminium amorphe à 39,3 H^2O pour 100 : on met en suspension $0^g,100$ de cet hydrate dans 50^{cm^3} d'eau bouillante, renfermant 2^g de fluorure ; la phtaléine se colore en rouge ; en poursuivant l'ébullition au réfrigérant ascendant (la concentration en fluorure reste quasi constante), on constate qu'on atteint rapidement une limite : la proportion d'ions OH libérés, mesurée par un titrage acidimétrique (²), ne croît plus ; on a bien affaire à un équilibre, car la phtaléine se recolore lentement, la réaction repart sous l'action du fluorure. En détruisant à nouveau les ions OH obtenus, on augmente progressivement la proportion de cryolithe formée, mais on n'arrive pas à rendre la réaction totale.

b. Influence de la concentration en fluorure. — Dans l'espoir d'arriver à une réaction plus complète déjà à froid, nous sommes ensuite parti de l'aluminate AlO^2K, qu'on peut faire cristalliser pur assez facilement. Ce der-

---

(¹) Par action de l'alumine *calcinée* à 700° sur de l'eau de chaux, nous avons pu obtenir, au bout de plusieurs semaines, des cristaux d'aluminate tricalcique hydratés, $Al^2O^3.3CaO.12H^2O$, ce qui implique aussi l'hydratation préalable de Al^2O^3.

(²) La neutralisation des ions OH est instantanée, tandis que la réaction (1) ne l'est pas.

nier est hydrolysé, et l'on peut espérer que l'action du fluorure sur l'alumine « naissante » sera plus complète. Les expériences ont été faites à la température ordinaire (18°) et la détermination des ions OH a été faite statiquement par mesure de pH :

	pH.
Prise : $0^g,182$ AlO^2K dans 50^{cm^3} d'eau............	11,0
» + 2^g KF.....	11,8
» + 5^g KF.....	12,1
Solution de potasse pure correspondant à la transformation complète en cryolithe..................	13,1

On voit que C_{OH} augmente bien quand la concentration en fluorure croît, conformément à l'équilibre indiqué.

II. ÉTUDE DE LA RÉACTION INVERSE. — Nous sommes parti de cryolithe artificielle et de cryolithe naturelle. En raison de leur faible solubilité, nous opérons à l'ébullition.

L'expérience montre que si l'on met un excès de potasse (pH > 13), la décomposition est totale : l'alumine passe à l'état d'aluminate soluble. Ainsi la cryolithe n'est pas stable en milieu *très* alcalin, mais tandis que les fluosilicate et fluotitanate de potasse sont entièrement décomposés déjà pour pH > 6, elle est encore stable dans cette zone de pH.

Au contraire, le complexe AlF^6 n'est pas décomposé en milieu même très acide; l'expérience montre que la cryolithe *naturelle* est déjà difficilement décomposable à la température de 500° par SO^3 naissant (fusion à SO^4HK).

En résumé, la cryolithe est donc stable dans un domaine de pH très étendu.

GÉOLOGIE. — *Age de minerais de fer attribués au Gothlandien dans le synclinal de Saint-Julien-de-Vouvantes.* Note [1] de M. **Joseph Péneau**, présentée par M. Ch. Barrois.

Sur les Feuilles géologiques au $\frac{1}{80000}$ d'Ancenis et de Château-Gontier, le centre du synclinal de Saint-Julien-de-Vouvantes est rempli par des

(1) Séance du 3 octobre 1927.

schistes et grès, notés S^{4-3}, pour indiquer l'impossibilité où fut l'auteur de ces cartes de tracer la limite entre l'Ordovicien sup. S^3 et le Gothlandien S^4, des limons ou de la terre végétale cachant presque partout le sous-sol.

Des recherches persévérantes permettent pourtant d'éclaircir la stratigraphie de quelques coins privilégiés; presque toujours on est conduit à réduire l'extension attribuée au Gothlandien. Par exemple : à 3^{km} environ au nord-est de Candé (Maine-et-Loire), au moulin de La Boserie, on exploite actuellement un gisement de *minerai de fer*, lequel, d'après la Feuille Ancenis, est sensiblement au centre du Synclinal et en plein Gothlandien.

Millet ([1]), puis Danton ([2]), citèrent ce gisement sans hypothèse sur son âge. Davy le supposa d'abord *Ordovicien* inf. (Grès Armoricain) ([3]), mais plus tard le jugea contemporain des Phtanites de l'Anjou et par conséquent *Gothlandien* inf. ([4]). M. Cayeux, étudiant les minerais au point de vue pétrographique, s'en rapporta sans doute à l'opinion de Davy et, dans son Mémoire de 1909 ([5]), classa le gisement de la Boserie dans le *Grès Armoricain;* mais plus tard ([6]) il reconnut, dans le pli de Saint-Julien, des minerais d'âge *gothlandien* dont celui de la Boserie. M. Milon ([7]) est allé plus loin en citant ce gisement comme *Gothlandien* supérieur; typique pour montrer le voisinage anormal de cet étage avec l'Ordovicien moyen.

Aucune des opinions précédentes ne s'est appuyée sur des documents paléontologiques, mais seulement sur de simples relations stratigraphiques possibles. L'Ordovicien moyen (schistes à Calymènes) étant bien déter-

---

([1]) MILLET DE LA TURTANDIÈRE, *Indicateur de Maine-et-Loire*, 2, Angers, 1865, p. 408.

([2]) DANTON, *Études géologiques sur les gisements métallifères de l'Anjou*, Paris, 1877, p. 55.

([3]) DAVY, *Notice géologique sur l'arrondissement de Segré* (*Bull. Soc. ind. min.*, Saint-Étienne, 2e série, 9, 1880, p. 610).

([4]) DAVY, *Les minerais de fer de l'Anjou et du sud-est de la Bretagne* (*Bull. Soc. ind. min.*, Saint-Étienne, 4e série, 14, 1911, p. 19-110).

([5]) L. CAYEUX, *Les minerais de fer oolithiques de France*, 1, Paris, 1909, p. 164.

([6]) L. CAYEUX, *Coup d'œil sur les minerais de fer de la presqu'île armoricaine* (*Bull. Soc. fr. Minéral.*, Paris, 41, 1918, p. 163).

([7]) G. MILON, *Notes géologiques sur les environs de Candé* [*Bull. Soc. géol. et min. de Bretagne*, Rennes, 6, 1925 (1926), p. 66].

miné au Nord et au Sud, il semblait admissible que l'intervalle couvert de limons existant entre l'Ordovicien moyen et le gîte ferrugineux, fût occupé par l'Ordovicien supérieur et le Gothlandien.

La réalité est toute différente. Après avoir constaté que les couches alternantes de schistes et quartzites micacés qui recouvrent et supportent le minerai ne ressemblent à aucun des facies lithologiques du Gothlandien de la région, j'y découvris d'abord une Lingule que je ne pus rapporter à aucune espèce franchement gothlandienne et, au cours de récentes recherches, j'ai découvert dans un banc de grès micacé, un peu schistoïde, à quelques décimètres au-dessus du minerai, des Graptolithes ordoviciens : *Didimograptus simulans* Elles, Wood. *D. Nicholsoni* Lapw., *D. cf. acutidens* Lapw, *D. cf. affinis* Nich. Toutes ces formes sont voisines et appartiennent au groupe de *D. affinis* Nich. Selon Miss Elles et Wood, (¹) ce sont des formes propres à l'Arénig moyen et supérieur ; le *Skiddavian* de J.-E. Marr.

Le minerai de fer de la Boserie, près Candé, n'est donc pas interstratifié dans le Gothlandien supérieur, mais dans l'Ordovicien inférieur (*Arénig supérieur*) ; il doit en être de même des prolongements orientaux et occidentaux du gisement.

Ce représentant du Grès armoricain affleure par suite d'un pli anticlinal qui ne ressort pas sur les cartes géologiques publiées jusqu'ici. Les déductions tectoniques qui ont été basées sur l'existence d'un minerai gothlandien au voisinage et en contact anormal avec l'Ordovicien moyen, devront donc être modifiées, au moins pour la partie orientale du pli de Saint-Julien-de-Vouvantes.

(¹) Miss Elles et Miss Wood, *British Graptolites* (*Palaeontographical Society*, 55, 1901, à 67, 1914).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos des immunsérums agglutinants; localisation des agglutinines.* Note [1] de M. **Maurice Piettre**, transmise par M. Matignon.

Après avoir étudié, à l'aide de la méthode à l'acétone, les localisations chimiques, dans les immunsérums, des antitoxines vraies [2], des séroprécipitines [3], des hémolysines [4], nous abordons l'étude plus complexe des agglutinines bactériennes.

Nos premières recherches portent sur les sérums agglutinants, préparés avec des bacilles du groupe paratyphique B, et dons nous avons pu avoir trois échantillons, deux nous provenant de l'Institut Pasteur.

I. Ces échantillons ont été soumis au traitement chimique déjà décrit, en vue d'obtenir la séparation quantitative des trois protéines sériques.

Les réactions d'agglutination ont été faites suivant la technique classique.

Voici les résultats obtenus avec la collaboration de M. A. Chrétien, les chiffres suivants indiquant le titre des dilutions par rapport à l'unité de sérum ou de ses constituants protéiniques :

	Sérum.	Sérum-albumine.	Sérum-globuline.	Myxoprotéine.
Échantillon I.....	6000	4500	1100	600
» II.....	15000	7000	6000	1200
» III....	18000	11000	5200	1400

Si l'on néglige la « myxoprotéine », corps tampon, qui, d'une façon générale, retient toujours une faible proportion d'anticorps, on constate entre l'albumine et la globuline, un partage de l'agglutinine, variant suivant les cas du quart au double du pouvoir agglutinant total.

II. Ce partage en ce qui concerne la sérum-globuline correspond-il à un simple entraînement physique?

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) Maurice Piettre, *Archives de l'Institut Vital Brazil (Rio de Janeiro)*, **1**, i, 1923, p. 32; **2**, ii, 1924, p. 47.

(3) Maurice Piettre, *Bulletin Académie Médecine*, **92**, 1924, p. 845.

(4) Maurice Piettre, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1051 et 1569; **184**, 1927, p. 952.

Etant donnée la solution *alcaline* aqueuse de globuline, si on la neutralise exactement par $HCl\ \frac{N}{10}$, on précipite cette protéine. Après centrifugation et lavage à l'eau distillée, ce précipité redissous à l'aide de $NaOH\ \frac{N}{10}$ peut être à nouveau insolubilisé, centrifugé et lavé. De la même façon il est aisé de purifier la globuline en milieu *acide* puisqu'elle est également soluble en liqueur chlorhydrique et ensuite précipitable par neutralisation sodique.

Or, que les purifications aient été faites en milieu alcalin ou acide, on constate que la globuline conserve intact son pouvoir agglutinant. L'agglutinine qui accompagne la globuline n'est donc pas le fait d'un entraînement physique, mais semble être le résultat d'une combinaison stable avec la protéine sérique.

III. Comme pour l'hémolysine, nous avons tenté de rechercher les relations entre l'agglutinine liée à la sérum-albumine et cette protéine.

Lorsqu'on chauffe à différentes températures la solution acide de sérum-albumine spécifique, il se sépare des portions de plus en plus importantes de protéine à l'état coagulé. Pour des températures de 65°, 70°, 75°, on précipite respectivement, en moyenne, 57,2; 71,7; 90,6 pour 100 de l'albumine engagée. Chacun de ces précipités peut, après centrifugation et lavage, être remis en solution aqueuse alcaline.

Si l'on étudie, en fonction de la température, la répartition du pouvoir agglutinant entre chacune de ces fractions liquides et solides, on obtient les résultats suivants pour les deux sérums examinés :

Après chauffage :	$t = 65°$.		$t = 70°$.		$t = 75°$.	
	Partie restée en solution.	Précipité.	Solution.	Précipité.	Solution.	Précipité.
I. Sérum-albumine agglutinant à $\frac{1}{7000}$	5000	2500	4500	1500	400	2400
II. Sérum-albumine à $\frac{1}{10000}$.	9000	1400	6000	2250	1400	1400

C'est donc entre 70° et 75°, où les courbes des parties restées en solution et des précipités viennent se couper, que le pouvoir agglutinant subit une chute brusque. Cette diminution rapide est indépendante d'ailleurs de toute coagulation puisqu'elle se produit, bien qu'à une température légèrement plus élevée (75°-77°,5), lorsqu'on chauffe une *solution alcaline* de

sérum-albumine spécifique qui, comme on le sait, ne précipite à aucun moment.

La coagulation de l'albumine se fait donc en deux étapes ; la première (de 52° à 65°) paraît être une simple précipitation physique sans affaiblissement sensible de l'anticorps et par suite sans modification probable de la protéine ; dans la deuxième étape au contraire, à partir de 65°, la précipitation s'accompagne d'une forte diminution du pouvoir spécifique et sans doute en même temps d'altérations profondes de la molécule protéinique.

Conclusion. — Ces premières recherches montrent que, dans les immunsérums paratyphiques étudiés, l'anticorps, au lieu de se localiser exclusivement dans l'une ou l'autre des principales protéines sériques, se répartit en proportions variables, suivant les cas, dans les deux substances.

Ce partage, en ce qui concerne la globuline notamment, n'est pas dû à un simple entraînement physique, mais bien plutôt à une véritable combinaison chimique qu'il nous semble possible d'étudier de plus près au cours de l'immunisation des animaux d'expérience.

Comme pour l'hémolysine et sans doute aussi pour les antitoxines vraies, l'agglutinine sérique n'est pas liée à la totalité de la protéine puisque l'action ménagée de la chaleur permet d'éliminer une partie de celle-ci sans affaiblir sensiblement le pouvoir spécifique total.

Enfin l'étude des anticorps semble devoir permettre d'aborder les modifications intimes, imposées par la chaleur aux molécules protéiques, modifications que l'on a groupées jusque-là sous la dénomination générique très vague de coagulation.

MÉDECINE. — *Sur le traitement de la surdité par le procédé Laënnec.* Note [1] de M. **Henri-Jean Frossard**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans son *Traité de l'Auscultation médiate* (Paris, 1819, p. xxxiij), Laënnec relate une expérience faite sur un sourd-muet :

Il est encore un autre art aussi étranger à celui dont je viens de parler qu'à la médecine humaine qui pourra peut-être retirer quelques avantages de l'auscultation médiate : je veux parler de l'éducation des sourds-muets...

---

[1] Séance du 24 octobre 1927.

... Comme presque tous les sourds-muets, il entend certains bruits très forts comme ceux d'un coup de canon ou de fusil, d'une cloche sonnée à peu de distance

J'appliquai sur ma trachée l'une des extrémités d'un stéthoscope et posant l'autre sur son oreille je prononçai quelques mots. Il retira aussitôt la tête, se frotta l'oreille et témoigna que ce qu'il avait entendu lui produisait la même sensation que plusieurs coups de fusil tirés coup sur coup.

Je recommandai à un élève de répéter plusieurs fois l'expérience et au bout de 2 ou 3 jours il y était habitué et n'en éprouvait plus de sensation désagréable. ..

Au bout de quelques jours le sourd-muet distinguait les noms des objets prononcés ainsi. Mais guéri, quittait l'hôpital.

Laënnec conseille de poursuivre ces recherches.

J'ai essayé de perfectionner cette expérience au moyen du stéthoscope bi-auriculaire que j'ai décrit ailleurs [1], et voici le procédé :

Le patient introduit dans ses oreilles les embouts du stéthoscope. Il place sur sa trachée ou sur sa joue, ce qui est plus commode, le tambour de l'appareil et il lit à haute voix. L'ébranlement plus ou moins violent de l'appareil auditif qui en résulte fait une sorte de massage et rétablit la fonction ou l'améliore. Il suffit souvent de quelques semaines de traitement par séances de 15 à 30 minutes.

Si l'éducateur veut converser avec le patient ou traiter un sourd-muet, il lui suffit de placer le tambour sur sa propre trachée ou sa joue et de lui parler avec plus ou moins de force suivant la sensibilité du sujet.

En isolant, par simple pincement des tubes de caoutchouc, l'une ou l'autre oreille, on peut comparer l'acuité auditive d'une façon très précise.

Ce procédé est infiniment plus sensible que l'essai de la montre couramment employé encore.

On peut du reste avoir une source d'énergie constante en plaçant le tambour de l'appareil horizontalement et en laissant tomber sur lui d'une certaine hauteur, qui peut être différente pour les deux oreilles, un simple grain de plomb de chasse d'un poids connu.

Supposons que le sourd ne soit influencé que par un poids de 1^g tombant de $0^m,10$ sur le tambour. On pourra dire qu'il lui faut une énergie de $pH = 1 \times 0,10 = 0,1$ grammemètre toutes choses égales d'ailleurs pour donner le seuil de la sensation auditive.

---

(1) H.-J. FROSSARD, *Traité de l'Auscultation médio-immédiate*, 1924 (Phonothérapie, 86, rue de Varenne, Paris édit.).

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Toxine diphtérique, nucléoprotéides et dialyse*. Note [1] de MM. A. **Leulier**, P. **Sedallian** et J. **Gaumond**.

La toxine diphtérique est susceptible de donner des floculations avec différentes substances albuminoïdes lorsque le pH du bouillon est abaissé à 4,7 par addition convenable d'acide chlorhydrique ou d'acide acétique [2].

Nous avons voulu nous rendre compte : 1° de la nature des protéines floculées en même temps que la toxine; 2° des effets de la dialyse sur la virulence de la toxine.

1° Le floculat toxique qui renferme une moyenne de 90 pour 100 d'eau est soluble dans l'eau légèrement alcaline et convenablement minéralisée; il donne avec intensité les réactions du phosphore.

Nous avons dosé cet élément par la méthode de Neuman et avons trouvé 1,46 pour 100 de phosphore dans le précipité chlorhydrique sec et 0,42 dans le précipité acétique. Or les nucléoprotéiques ont, d'après les auteurs classiques, une teneur en phosphore variant de 0,50 à 1,50 pour 100.

Si, dans un bouillon de culture, on ajoute $0^g,10$ d'acide nucléinique, et si après un temps convenable on détermine une floculation, on obtient un précipité plus riche en phosphore. Nous avons trouvé en effet un pourcentage de 2,02.

Mais ces résultats, indications déjà très précises, doivent être complétés par un essai de digestion pepsique. C'est pourquoi 2^g environ de floculat acétique, provenant de $1^l,300$ de bouillon de culture, ont été mis pendant 24 heures à l'étuve à 37° dans un mélange contenant : pepsine $0^g,20$; acide chlorhydrique 1^g et eau 100^g. La solubilisation est incomplète et le résidu donne très abondamment les réactions de précipitation caractéristiques du phosphore.

Il nous semble donc permis de conclure que la toxine diphtérique flocule avec des *nucléoprotéides* lorsque le pH est convenablement abaissé.

2° L'expérience nous a montré que les floculats qui renferment toute la partie active de la toxine totale perd assez rapidement son pouvoir toxique lorsqu'on l'abandonne à lui-même. Aussitôt après sa préparation $0^{mg},04$ de

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) Sedallian et Mlle Gaumond, *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 93.

floculat tuent le cobaye de 250g en 16 heures, tandis que le quatrième jour 0mg,09 le tuent après 72 heures seulement. Après 6 jours il est nécessaire d'utiliser 4mg pour amener la mort en 96 heures.

Par dialyse en sac de collodion on peut modifier le pouvoir toxique. Dans ces conditions le floculat perd encore plus rapidement ses propriétés toxiques et même totalement lorsque la dialyse est suffisamment prolongée.

Voici un tableau comparatif où sont rassemblés les faits observés. Les doses de toxines identiques injectées étaient dans chaque cas rigoureusement les mêmes.

Toxine floculée par HCl

	Doses injectées (1). — Émulsion de 0g,432 de toxine dans 10cm³ d'eau.	Durée de la survie (2). Toxine témoin.	Toxine soumise à la dialyse.
1er jour.........	$\frac{1}{1000}$ de cm³	4 jours	4 jours
2e »	$\frac{1}{100}$ »	3 jours	définitive
	$\frac{1}{10}$ »	48 heures	3 jours
3e »	$\frac{1}{10}$ »	16 heures	3 jours
5e »	$\frac{1}{10}$ »	30 heures	définitive
	$\frac{1}{2}$ »	16 heures	définitive

Autre toxine floculée par CH^3COOH.

	Doses injectées (1). — Émulsion de 0g,432 de toxine dans 10cm³ d'eau.	Durée de la survie (2). Toxine témoin.	Toxine soumise à la dialyse.
1er jour.........	$\frac{1}{1000}$ de cm³	24 heures	24 heures
2e »	$\frac{1}{500}$ »	48 heures	3 jours
	$\frac{1}{100}$ »	20 heures	2 jours
	$\frac{1}{10}$ »	20 heures	20 heures
3e »	$\frac{1}{100}$ »	48 heures	définitive
	$\frac{1}{10}$ »	16 heures	48 heures
5e »	$\frac{1}{10}$ »	4 jours	définitive
	$\frac{1}{2}$ »	20 heures	définitive

(1) Les toxines floculées ont été ramenées à pH = 7 avant injection, ce qui provoque une solubilisation parfaite.

(2) Cobayes de 250g

De ces chiffres il résulte que la toxine soumise à la dialyse sur eau distillée semble perdre sa virulence plus rapidement que la toxine témoin conservée en suspension dans l'eau distillée. D'ailleurs lorsque la dialyse est suffisamment prolongée (8 jours) le floculat rentre en solution dans le liquide du sac de collodion, son pH remonte à 7 et de plus il devient complètement atoxique.

Tout se passe comme si la dialyse provoquait la disparition d'une substance dialysable, électivement adsorbée lors de la floculation et nécessaire à l'évolution de l'intoxication. Cette hypothèse ferait rentrer les toxines dans le cadre des phénomènes diastasiques tels que viennent de les définir MM. Hugounenq et Loiseleur [1].

A 15^h45^m, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.

A. Lx.

---

[1] *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 7, VIII, 1925, p. 955 et suiv.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 NOVEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE MM. CHARLES BARROIS ET MAURICE HAMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **John Townsend**, Correspondant pour la Section de Physique, qui assiste à la séance.

SPECTROSCOPIE. — *Contribution aux recherches sur le spectre secondaire de l'hydrogène et aussi sur d'autres spectres.* Note [1] de M. **H. Deslandres**.

L'hydrogène a, comme on sait, deux spectres distincts, qui sont :

1° Le spectre dit stellaire, dû à l'atome et formé d'un petit nombre de raies, qui est le type des spectres de lignes, et le caractère principal du spectre des étoiles blanches ou de la majorité des étoiles.

2° Le spectre secondaire ou second spectre, formé de raies nombreuses qui, au premier abord, sont disposées sans ordre. Il est émis, plus ou moins fort par rapport au précédent, par l'étincelle électrique dans les gaz qui contiennent de l'hydrogène.

Or dans ces dernières années, il a été l'objet de recherches étendues, les principaux auteurs étant Croze, Fulcher, Richardson, Tanaka, Allen et Sandeman, Goos, Mac Lennan, Shrum, Grayson-Smith, Lea, T. Collins.

On a reconnu que ses raies forment des séries identiques à celles des spectres de bandes, et groupées par trois suivant la règle générale indiquée par Heurlinguer. Ce spectre, qui a l'aspect d'un spectre de lignes, est en réalité un spectre de bandes, particulièrement intéressant; il a été attribué

---

[1] Séance du 31 octobre 1927.

soit à la molécule H_2, soit à la molécule H_3, soit à la fois aux deux molécules; mais la question de l'origine reste toujours pendante, et c'est pour l'éclaircir que j'apporte ici quelques données nouvelles.

I. Dans plusieurs Notes de 1925 [1] j'ai annoncé une relation simple qui unit le nombre s des atomes d'une molécule à la fréquence ν de la radiation la plus intense dans chacun des groupes de bandes émis par la molécule. La relation est exprimée pour la formule suivante :

$$\nu = q\,d_1/rs,$$

d_1 étant une constante universelle égale à 1062,5, qui intervient à la fois dans les spectres de lignes et de bandes; q et r étant des nombres entiers [2]. Ainsi, dans le spectre d'absorption de l'acide cyanhydrique CNH, les cinq bandes ou groupes de bandes d'absorption infrarouges ont leurs radiations maxima exprimées par $2\,d_1/3+11$, $4\,d_1/3-5$, $6\,d_1/3-12$, $8\,d_1/3-27$ et $28\,d_1/9-16$. Le nombre entier r intervient lorsque les molécules forment des groupements temporaires formés de r molécules. La formule a été vérifiée sur 20 composés gazeux, choisis parmi ceux dont la composition chimique est la plus simple.

Voyons maintenant comment cette formule s'applique aux radiations les plus intenses du spectre secondaire de l'hydrogène. Les données sont fournies par un important Mémoire de Mac Lennan, Grayson-Smith et Lea, publié en octobre 1927 dans les *Proceedings of the Royal Society*, avec le titre *Intensities in the Secondary Spectrum of Hydrogen at Various Temperatures*. L'intensité des raies est mesurée sur les plaques photographiques de λ 6522 à λ 3777 avec le microphotomètre enregistreur de Moll, dans les conditions les meilleures possibles. Or, sur cette longue étendue du spectre, la radiation la plus intense est

$$\lambda = 6018,29; \qquad \nu = 16616 = 47\,d_1/3\,(16645) - 29.$$

La fréquence de cette raie rouge est, à une faible différence près, un multiple de $d_1/3$. De même, dans la partie bleue du spectre, éloignée du rouge, la raie la plus forte est

$$\lambda = 4633,95; \qquad \nu = 21580 = 61\,d_1/3\,(21604) - 24.$$

---

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1454 et 1980; **181**, 1925, p. 265, 387 et 410.

(2) La formule générale est moins simple : elle contient un terme de plus qui se rapporte aux maxima secondaires, et s représente le nombre total des anneaux d'électrons dans la molécule. Comme les atomes considérés dans cette Note ont tous un seul anneau d'électrons, s est égal au nombre des atomes.

Enfin, dans un Mémoire récent de Allen et Sandeman ([1]), la raie maxima d'un groupe étendu de bandes (Groupe II_B, série 2), émis par l'hydrogène à haute pression, est

$$\lambda = 4787,4; \qquad \nu = 20888,3 = 59\, d_1/3\,(20905) - 17.$$

On est alors conduit à penser que les bandes les plus fortes de ce spectre sont dues à la molécule H_3, déjà reconnue par J. J. Thomson avec le spectrographe de masse, et souvent considérée par les chimistes. L'hydrogène actif serait la molécule H_3.

Les radiations fortes précédentes pourraient aussi être rattachées aux molécules H_2, si ces dernières étaient réunies par trois, de manière à former des groupements de six atomes. Mais, à la température élevée qui est développée dans le gaz sur le passage de l'étincelle électrique, de pareils groupements semblent impossibles. D'ailleurs d'autres radiations plus faibles du même spectre correspondent à des multiples de $d_1/2$ et à la molécule H_2. Cette question sera reprise lorsque les parties ultraviolette et infrarouge du spectre secondaire seront complètement relevées.

La loi exprimée par la formule est fort utile, en particulier lorsqu'on ne connaît pas la molécule génératrice du spectre, ce qui est souvent le cas avec les spectres émis à haute température. Des composés nouveaux et inconnus se forment, et il est bon d'avoir une indication sur le nombre des atomes qui les constituent. Je citerai à l'appui d'autres exemples qui sont en même temps des vérifications.

II. Le spectre de bandes ultraviolet, dit de la vapeur d'eau, est à la fois curieux et complexe. Sa bande la plus forte, dont la longueur d'onde est $\lambda\,3064$, a été étudiée par de nombreux auteurs et, récemment, Fortrat ([2]), complétant une première étude d'Heurlinger, a réparti ses raies entre 12 séries ou suites, qui forment 4 trios d'Heurlinger, et sont appelées $P_1\,Q_1\,R_1$, $P_2\,Q_2\,R_2$, $P'_1\,Q'_1\,R'_1$, $P'_2\,Q'_2\,R'_2$. La tête de la bande n'est pas la partie la plus intense et les maxima réels sont difficiles à discerner à cause de l'enchevêtrement des suites. J'ai examiné simplement dans chaque trio la raie nulle qui occupe le centre des parties intenses ([3]), le résultat est le

([1]) *Proceedings of the Royal Society*, 114, 1927, p. 295.

([2]) *Journal de Physique*, 5, 1924, p. 20.

([3]) De même, dans le relevé des bandes infrarouges, on mesure soit le maximum très net d'une bande, soit la petite dépression entre deux maxima très voisins, dépression qui correspond à la raie nulle du trio. D'ailleurs, déjà en 1888 (*Annales de Chimie et de Physique*, 15, p. 64), j'avais annoncé que la grande bande est formée de deux bandes semblables juxtaposées, et que la radiation la plus forte se trouve aux environs de $\nu = 32\,366$.

suivant :

Raie nulle $P_1Q_1R_1$.......	$\nu = 32364 = 61\, d_1/2\,(32406) - 42$	
» $P_2Q_2R_2$.......	$\nu = 32491 = 61\, d_1/2 \quad + 85$	
Moyenne................	$\nu = 32427,5 = 61\, d_1/2 \quad + 21,5$	

De même pour les deux autres trios qui sont éloignés des deux précédents et d'intensité plus faible on a

$$\text{Moyenne : } \nu = 31838 - 60\, d_1/2\,(31875) - 37.$$

D'après ces relations la molécule qui rayonne doit être diatomique et donc n'est pas la molécule H^2O. On confirme le résultat de Riess, qui, en 1914, avait rattaché le spectre à l'oxygène; car il l'avait obtenu par la combustion du cyanogène et de l'oxygène bien secs.

III. On a souvent exprimé le regret que nous ne connaissions pas encore les spectres d'absorption des gaz légers, hydrogène, hélium et azote, à la température ordinaire. L'étude de l'absorption offre un intérêt particulier parce qu'elle nous révèle les vibrations propres des corps par les moyens les plus simples, en leur imposant la contrainte minima. Or la lacune a été comblée en partie récemment pour l'azote, dont Sponen a reconnu le spectre d'absorption dans l'ultraviolet extrême (1). Ce spectre, dû à la molécule N^2, est un spectre de bandes fort intéressant; les bandes principales sont des multiples de $d_1/2$, l'intervalle moyen entre les 9 bandes étant égal à $3\,d_1/2$ ou à 1594, comme le montre le tableau suivant :

λ.	ν.	Intervalles (2).
1449,9.........	68970 = 130 $d_1/2$ (69062,5) + 92	
		1663
1415,8.........	70633 = 133 » (70656) — 23	
		1643
1383,6.........	72276 = 136 » (72250) + 26	
		1613
1353,4.........	73889 = 139 » (73844) + 43	
		1580
1325,0.........	75469 = 142 » (75437,5) + 32	
		1559
1298,2.........	77028 = 145 » (77030) — 3	
		1528
1273,0.........	78556 = 148 » (78625) — 60	
		1498
1249,2.........	80054 = 151 » (80219) —165	
		1475
1226,6.........	81529 = 154 » (81812,5) —283	

Le spectre est relié simplement à la constante d_1 comme le spectre infrarouge d'absorption de l'oxygène, comme les spectres de bandes d'émission qui sont ceux du pôle négatif de l'azote et du carbone, et celui

(1) *Proceedings of the National Academy*, 13, 1927, p. 100.

(2) Les intervalles successifs entre les bandes, conformément à la loi générale, forment une progression arithmétique.

de l'oxyde de carbone ou des queues cométaires. Dans ces quatre derniers spectres, déjà signalés, les bandes principales sont des multiples de d_1, les intervalles moyens étant d_1 ou $2d_1$.

Les raies fortes des spectres de lignes sont aussi, comme on sait, des multiples de d_1, et en 1925, j'ai présenté à l'appui 78 raies des 20 premiers corps simples ([1]). On pourrait multiplier les exemples; j'ajouterai aujourd'hui seulement quatre raies de l'azote, citées par Lyman, comme les plus marquantes de l'ultraviolet extrême (de λ2000 à λ1200).

$\lambda = 1745,3$	$\nu = 57330 = 54\, d_1 (57374) - 40$
1742,7	57382 » $+ 7$
1494,8	$66898 = 63\, d_1 (66937) - 39$
1492,8	$66984 =$ » $+ 47$

Ces relations, il est vrai, sont seulement approchées; mais, comme elles sont nombreuses et reconnues dans tous les spectres, elles doivent retenir l'attention.

La constante 1062,5 est universelle et liée à une propriété spéciale, non encore bien élucidée, des atomes et molécules.

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés chimiques de l'aluminium pur.* Note ([2]) de MM. **C. Matignon** et **J. Calvet**.

On a préparé, aux États-Unis, d'après la méthode de Hoopes (*Chemical and Metall. Engineering*, mai 1926) à partir de l'aluminium ordinaire, un métal pur par un affinage électrolytique dans un bain fondu approprié.

Cet aluminium extra-pur peut atteindre une teneur de 99,8 à 99,98. M. J. D. Edwards (*The American Market*, 13 juin 1895) a étudié les propriétés thermiques et électriques de ce métal. M. Léon Guillet ([3]) a fixé récemment certaines de ses propriétés.

Nous avons commencé à étudier la résistance à la corrosion de ce nouvel aluminium, les petites quantités d'impuretés des métaux jouant un rôle considérable dans leurs actions chimiques et leur diminution pouvant *a priori* modifier d'une façon sensible la physionomie chimique du métal.

([1]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 5 et 1006. Voir aussi l'*Ultraviolet* par Lyman, Tableau II.

([2]) Séance du 24 octobre 1927.

([3]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 463.

Nos études ont porté sur des échantillons laminés, comparativement avec un bon aluminium courant contenant 99,3 de métal. On a opéré avec des solutions étendues de soude et d'acide chlorhydrique.

L'attaque du métal a été définie par la mesure à intervalles rapprochés (généralement de 5 en 5 minutes) du dégagement d'hydrogène, en opérant dans des conditions de température et de concentration bien définies et avec des lames de surfaces connues.

Soude. — Avec une solution de soude étendue de concentration 1,67 N, on a essayé trois échantillons différents d'aluminium pur, traités préalablement dans les mêmes conditions au papier de verre 000, sauf l'un le n° 3, qui a été essuyé soigneusement, mais qui retenait encore des traces d'oxyde de fer provenant du laminage.

La marche de l'attaque est très sensiblement la même pour les échantillons nos 1 et 2, traités de la même façon, ainsi que pour l'échantillon n° 3.

Les courbes donnant la quantité d'hydrogène (centimètres cubes) mise en liberté en fonction du temps (minutes), à la température de 23° par des surfaces de 10^{cm^2} sont comparables et voisines.

La surface de l'aluminium ordinaire a été traitée comme celle des échantillons 1 et 2; la vitesse d'attaque est du même ordre de grandeur que celle de l'aluminium pur.

On se rend mieux compte des différences présentées par les diverses attaques en examinant les courbes de vitesse.

La vitesse initiale d'attaque est plus grande avec l'aluminium ordinaire qu'avec l'aluminium pur, mais elle se régularise et reste constante après 2 heures d'attaque, tandis que la vitesse, plus petite au début, continue à augmenter et n'est pas encore régularisée après 4 heures d'attaque avec le métal pur.

L'aluminium pur ne se différencie donc pas sensiblement de l'aluminium industriel dans son attaque par une solution de soude étendue.

Acide chlorhydrique. — On a opéré avec une solution chlorhydrique 2,65 N, à la température de 24°. L'aluminium pur présente une résistance remarquable à l'action de l'acide chlorhydrique pur. Un échantillon décapé, d'une surperficie voisine de 10^{cm^2}, n'a donné que des dégagements gazeux insignifiants :

		cm³
Après 4 heures	....	2
» 5 »	....	2,4
» 6 »	....	2,7
» 21 »	....	4,5

Le même aluminium non décapé au papier de verre 000 a donné au contraire une attaque vive correspondant à un dégagement d'hydrogène de 807^{cm^3} après 155 minutes pour une surface de 12^{cm^2},43. Les impuretés superficielles ont donc favorisé la corrosion du métal.

L'aluminium ordinaire s'attaque plus rapidement encore, 760^{cm^3},5 après 39 minutes pour une surface de 12^{cm^2},49.

Parmi les impuretés qui détruisent la passivité de l'aluminium pur dans la solution chlorhydrique nous avons constaté que le cuivre agit d'une façon particulièrement active.

Un aluminium pur décapé qui ne subit qu'une action insignifiante (surface 10^{cm^2} environ, volume 800^{cm^3} HCl 2,65 N, temp. 24°) après plusieurs jours de séjour au contact de la solution chlorhydrique, réagit dès qu'on ajoute à la solution des traces de cuivre (5^{mm},9 de sulfate de cuivre, soit 1^{mg},9 de cuivre par litre de solution).

La vitesse, d'abord très lente, s'accélère peu à peu par suite probablement de la réduction progressive du sulfate de cuivre avec formation de couples aluminium-cuivre.

Avec une teneur plus faible en cuivre, 0^{mg},4 par litre de solution, la réaction exige des heures pour s'amorcer et se manifester par un dégagement visible.

L'addition de sulfate ferrique, résultat surprenant, n'enlève pas à l'aluminium pur sa résistance à l'acide chlorhydrique comme le montrent les résultats de l'expérience suivante (800^{cm^3} de solution chlorhydrique 2,65 N, temp. 24°) :

Temps.		H^2.
h m		cm³
2.30	....	2,6
3.30	....	2,7
4.30	....	2,8

On ajoute 23^{mg} de fer sous forme de sulfate ferreux et l'on recueille à nouveau l'hydrogène :

Temps.	H^2.
h m	cm^3
2. 0	0,3
18.15	3,2
19.45	3,4
22.15	3,7

Avec un acide chlorhydrique contenant des impuretés, la résistance à l'attaque peut être moindre.

Voici les résultats donnés avec un acide chlorhydrique différent du précédent, concentration 2,89 N. Surface d'attaque $7^{cm},40$:

Temps.	H^2.
h	cm^3
4	2,8
8	7,2
23	13,8
30	15,6
49	19,2

La résistance ici est un peu moindre.

En résumé, l'aluminium pur résiste à l'action des solutions chlorhydriques étendues pures, de petites quantités de cuivre lui font perdre cette qualité, le fer du moins à dose faible ne possède pas la même propriété, les sels de zinc, d'étain paraissent se comporter comme ceux du fer tandis que les sels de mercure provoquent au contraire une action rapide. Ces études sont continuées.

GÉOLOGIE. — *Quelques résultats du Congrès de l'Association carpathique tenu à Bucarest en septembre* 1927 : *zone néogène; zone du Flysch.* Note (1) de M. **Pierre Termier.**

L'Association carpathique (association internationale de géologues pour l'avancement de la géologie des Carpathes) s'est réunie pour la deuxième fois en un Congrès dans le mois de septembre qui vient de finir. Cette deuxième réunion a eu lieu à Bucarest, sur l'invitation et sous les auspices de l'Institut géologique de Roumanie. Une première réunion, préparée par le Service géologique de Pologne, s'était tenue à Lwów en 1925. Il a été décidé au Congrès de Bucarest qu'une troisième réunion se tiendrait à

(1) Séance du 31 octobre 1927.

Prague en 1930 et que le Service géologique de Tchécoslovaquie en prendrait l'initiative et en dresserait le programme.

Le Congrès de Bucarest, présidé par M. S. Stefanescu, a été fort brillant. Soixante-quinze géologues y assistaient, de nationalités diverses, surtout polonaise et roumaine. J'avais l'honneur d'être l'un des invités de l'Association. Les excursions, pour lesquelles un important Livret-guide avait été imprimé et distribué, se sont déroulées pendant trois semaines à travers une grande partie de la Roumanie, conduites avec beaucoup de science et de dévouement par MM. Mrazec, Macovei, S. Athanasiu, Popescu-Voitesti et par quelques-uns de leurs élèves. Nous avons visité les Carpathes roumaines, objet principal du Congrès, depuis Piatra-Néamtz, au Nord, jusqu'aux Portes de fer sur le Danube, au Sud; et nous avons poussé dans le bassin miocène de Transylvanie jusqu'à Médiasch. Une excursion complémentaire, extra-carpathique, nous a fait voir la Dobrogea et s'est terminée à Constantza, sur la mer Noire.

Je voudrais exposer en peu de mots quelques-uns des résultats scientifiques de ce rapide voyage à travers un pays de géologie difficile et de cette étude en commun des multiples problèmes soulevés devant nous. Je laisserai de côté la Dobrogea, relativement simple, et ne parlerai que des Carpathes.

Avant tout, je tiens à exprimer ma vive admiration pour l'œuvre de mes collègues de Roumanie. Autour des maîtres que je viens de nommer, une pléïade de jeunes géologues travaille avec ardeur. La stratigraphie des Carpathes roumaines se précise; on a trouvé des fossiles, suffisamment caractéristiques, à divers niveaux de la série sédimentaire; la tectonique locale, partout étudiée et discutée, est, sur beaucoup de points, parfaitement comprise; il existe une belle carte géologique de tout le pays à l'échelle de $\frac{1}{1500000}$; la cartographie géologique détaillée avance peu à peu. Pour les terrains qui se prolongent de Roumanie en Pologne, l'accord stratigraphique est à peu près réalisé entre géologues polonais et roumains. Le moment est donc venu de chercher à pénétrer la structure d'ensemble. En Pologne, pour ce qui concerne les Carpathes nord-orientales, le problème tectonique semble presque résolu (¹). Il n'en est pas encore tout à fait de même pour les Carpathes roumaines. Là s'affrontent deux tendances : l'une portant les esprits vers l'hypothèse des grandes nappes, des vastes char-

(¹) *Mémoire de la première réunion de l'Association Karpatique en Pologne*, Varsovie, 1926-1927, *passim*.

riages à la manière alpine; l'autre résultant d'une réaction contre l'abus des charriages et voulant tout expliquer par des transgressions, de simples plis et de modestes chevauchements. Il est curieux d'observer cette deuxième tendance, la tendance prudente et timide, chez les géologues les plus jeunes.

Je rappelle qu'il y a trois zones dans les Carpathes roumaines : I, *zone néogène*, extérieure, appelée quelquefois subcarpathique ou précarpathique, que l'on suit, courbée en arc, depuis la frontière polonaise jusqu'au delà de Moreni vers le Sud-Ouest, et qui *s'ennoie* graduellement sous les dépôts quaternaires de la dépression gétique; II, *zone du Flysch*, c'est-à-dire des terrains crétacés et paléogènes, venue de Pologne avec une direction Sud-Est, s'incurvant peu à peu, devenant parallèle au méridien à la hauteur de Covasna, puis marchant vers le Sud-Ouest et *s'ennoyant* sous le Miocène; III, *zone cristallino-mésozoïque*, à l'ouest des deux précédentes, formée surtout de terrains cristallins, zone dont les plis s'incurvent deux fois, en deux arcs immenses séparés par une inflexion, l'arc transylvain ouvert à l'Ouest, l'arc gétique ouvert à l'Est. Ces trois zones sont trois gradins de hauteur différente, le deuxième plus élevé ou moins affaissé que le premier, le dernier plus élevé que le deuxième. Les surfaces qui séparent I de II et II de III ne sont point de simples failles de tassement ou d'affaissement; ce sont des surfaces de chevauchement, plongeantes vers l'Ouest ou le Nord-Ouest, parfois horizontales ou presque horizontales. La zone du Flysch est poussée sur la zone néogène; la zone cristallino-mésozoïque s'avance sur la zone du Flysch. Tout cela est connu depuis longtemps et définitivement acquis.

La tectonique de la zone néogène est simple et claire. Tout au Sud-Ouest, la zone comprend les *plis diapirs* de M. L. Mrazec : des dômes allongés de sel, souvent plus semblables à des lames de couteau qu'à des dômes, montent de la profondeur et percent, en les soulevant, les terrains néogènes et même le Levantin qui est du Pliocène supérieur. Ainsi poussé vers la surface, le sel, *dont l'ascension dure peut-être encore*, a souvent frayé un passage au pétrole et aux hydrocarbures gazeux. La plupart des géologues roumains lui attribuent un âge aquitanien ou chattien; mais en réalité, comme l'a fait remarquer M. Popescu-Voitesti, on ignore son âge, et peut-être n'a-t-il pas d'âge. On ignore de même, ou l'on connaît mal l'âge de la *roche-mère* des hydrocarbures, bien qu'on situe généralement cette roche-mère dans l'étage du Pliocène inférieur que l'on nomme le Méotien. La partie de la zone néogène où apparaissent les plis diapirs est

comprise entre les vallées du Buzau et de la Jalomitza; plus au Nord-Est, la zone se relève et le Miocène sort de dessous le Pliocène; en même temps, le plissement s'accentue et de longs anticlinaux de terrains paléogènes surgissent des terrains néogènes, anticlinaux déversés vers le Sud-Est et souvent compliqués de plis-failles. L'intensité du plissement décroît très vite quand on marche vers l'extérieur de la chaîne; elle décroît aussi, dans la région des plis diapirs, quand on marche vers le Sud-Ouest.

Les plis aigus et serrés deviennent alors des *plis mourants*, qui *se relayent*, *s'ennoient* et disparaissent peu à peu dans le Pliocène désormais tranquille ou à peine ondulé.

La zone du Flysch pose des problèmes plus difficiles. Le nom de Flysch qui en Suisse et dans nos Alpes est réservé à un certain faciès des terrains paléogènes, s'applique, en Roumanie comme en Pologne, à l'ensemble du Crétacé, de l'Eocène et de l'Oligocène, ensemble où les lacunes stratigraphiques semblent nombreuses. La zone du Flysch n'a pas moins de 100^{km} de largeur en Galicie; elle se rétrécit beaucoup en Bucovine, se renfle de nouveau jusqu'à 70^{km} à la hauteur de la vallée de Ramnicu-Sarat, puis se rétrécit encore tout en s'abaissant et finit par disparaître avant d'arriver à la Dambovitza.

Cette zone est plissée, souvent violemment, en des plis nombreux, habituellement déversés (mais peu déversés, sauf près du bord extérieur), fréquemment transformés en plis-failles. Le nombre des plis et des plis-failles, et l'importance du déversement vers l'extérieur de la chaîne, croissent beaucoup de Roumanie en Pologne; les plis deviennent alors les *skibas* des géologues polonais (1), *skibas* qui sont des plis couchés ou de petites *nappes du premier genre* s'avançant les unes sur les autres et cheminant vers et même sur l'avant-pays. En Roumanie, les plis de la zone du Flysch ne méritent pas, en général, le nom de nappes, sauf quelquefois les plus extérieurs. Il arrive que ces plis les plus extérieurs s'avancent de 3^{km} ou 4^{km} sur la zone néogène: c'est ce que nous avons vu à Piatra-Néamtz. Ce sont alors de petites nappes, semblables aux nappes polonaises, mais de cheminement moins étendu.

Le plissement principal de la zone du Flysch est certainement antéburdigalien; il est d'autre part postérieur au dépôt du puissant étage des

(1) K. Tolwinski, *Géologie des Karpates polonaises orientales de Boryslaw jusqu'au Pruth* (*Mémoire de la première réunion de l'Assoc. Karpatique en Pologne*, Varsovie, 1926-1927, p. 135-158 et carte géolog à $\frac{1}{200000}$).

grès de Tarcau qui, dans sa partie haute, est sûrement oligocène. Ce plissement principal date donc, probablement, de la fin de l'Oligocène (Rupélien ou Chattien).

Mais il y a eu des paroxysmes tectoniques antérieurs. L'un d'eux correspond à l'exondation de la zone entre la fin de l'Aptien et le début du Sénonien; un autre, à la transgression des grès de Tarcau (dont la base est éocène) sur le Sénonien plissé et faillé. Ce deuxième paroxysme ne s'est pas étendu à la région extérieure de la zone, région dite zone marginale du Flysch, où il y a eu continuité de sédimentation du Sénonien à l'Oligocène.

Un dernier paroxysme, sans doute peu intense, a fait avancer la zone du Flysch, d'un mouvement d'ensemble, sur la zone néogène, pendant que celle-ci se resserrait et se plissait, c'est-à-dire vers la fin du Pliocène.

Il m'a semblé que, sur cette histoire tectonique des deux première zones, l'accord, dans le Congrès, était unanime.

M. **A. d'Arsonval** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Georges Lakhovsky, intitulé *L'Universion*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Imbeaux** fait hommage à l'Académie du Mémoire intitulé *Prévisions des crues et des étiages*, qu'il a présenté à la Section internationale d'Hydrologie scientifique, dans l'Assemblée plénière de Prague, en septembre 1927.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 41 suffrages, M. **Émile Picard** est proposé à nouveau au choix de l'Institut pour faire partie du *Conseil supérieur de l'Instruction publique*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° T. Tanimura. *Nomographic calculations of the Elastic Strength of Hooped or Wire Guns*. (Présenté par M. d'Ocagne.)

2° Paul Dupont. *Interprétation du relativisme d'après une opinion de M. Painlevé*. (Présenté par M. Lecornu.)

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur la loi des grands nombres.* Note [1] de M. **A. Kolmogoroff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $E_1 E_2 \ldots E_n \ldots$ une suite d'épreuves indépendantes. L'exposition élémentaire qui suit est valable seulement dans le cas du nombre fini des résultats différents possibles $E_k^{(1)} E_k^{(2)} \ldots$ de l'épreuve E_k. Mais le théorème démontré ci-dessous reste vrai pour le cas général.

Soit F_n une grandeur dépendante des n premières épreuves. Si la probabilité de l'inégalité

$$|F_n - D_n| < \varepsilon,$$

où D_n est l'espérance mathématique de F_n, tend vers *un*, quand n croît indéfiniment, quel que soit ε positif, on dit, que F_n est assujettie à *la loi des grands nombres*, ou que F_n est *stable*.

La plus simple espèce des conditions suffisantes pour la stabilité de F_n consiste dans des restrictions imposées à la variation de F_n. Il est naturel de considérer comme *variation de* F_n *par rapport à* E_k la borne supérieure de la différence

$$F_n(E_1^{(i_1)} \ldots E_{k-1}^{(i_{k-1})} E_k^{(i_k)} E_{k+1}^{(i_{k+1})} \ldots E_n^{(i_n)}) - F_n(E_1^{(i_1)} \ldots E_{k-1}^{(i_{k-1})} E_k^{(j_k)} E_{k+1}^{(i_{k+1})} \ldots E_n^{(i_n)})$$

quand $i_1 i_2 \ldots i_n$ et j_k prennent indépendamment toutes leurs valeurs possibles. Nous désignerons cette variation Ω_{nk}. En utilisant cette définition nous pouvons énoncer le théorème suivant :

Théorème. — *Si la somme*

$$\Omega_{n1}^2 + \Omega_{n2}^2 + \ldots + \Omega_{nn}^2$$

tend vers zéro, quand n croît indéfiniment, F_n *est assujettie à la loi des grands nombres.*

Corollaire. — Pour la stabilité de F_n est aussi suffisante la condition

$$(1) \qquad \Omega_{nk} = o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right).$$

Démonstration du théorème. — En désignant par B_n l'espérance mathématique du carré de la déviation $F_n - D_n$, on a la condition connue pour la stabilité de F_n,

$$(2) \qquad B_n \to 0.$$

[1] Séance du 31 octobre 1927.

Pour rendre utile cette condition il faut donner une expression plus maniable de B_n. Dans ce but désignons par D_{nk} l'espérance mathématique de F_n, quand le résultat des k premières épreuves est connu. Désignons ensuite par Z_{nk} la différence $D_{nk} - D_{nk-1}$. Donc Z_{nk} est l'accroissement de l'espérance mathématique de F_n, quand le résultat de l'épreuve E_k devient connu. Il est évident, qu'on a

$$D_n = D_{n0}, \qquad F_n = D_{nn},$$
$$(3) \qquad F_n - D_n = Z_{n1} + Z_{n2} + \ldots + Z_{nn}.$$

On peut démontrer que l'espérance mathématique de $Z_{ni}Z_{nk}$ $(i \neq k)$ est égale à *zéro*.

Soit $k > 1$. Supposons le résultat de $\varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_{k-1}$ connu. Dans cette hypothèse l'espérance mathématique de D_{nk} est égale à D_{nk-1}; donc l'espérance mathématique de Z_{nk} est égale à zéro et, comme Z_{ni} est constante, l'espérance mathématique de $Z_{ni}Z_{nk}$ est aussi égale à zéro. Cela a lieu dans tous les cas qui peuvent être obtenus en résultat des épreuves $\varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_{k-1}$. Donc l'espérance mathématique initiale de $Z_{ni}Z_{nk}$ est de même égale à zéro.

En désignant par β_{nk} l'espérance mathématique de Z^2_{nk}, nous obtenons donc :

$$(4) \qquad B_n = \beta_{n1} + \beta_{n2} + \ldots \beta_{nn}.$$

On peut démontrer que

$$\beta_{nk} \leqq \frac{1}{4}\Omega^2_{nk},$$
$$(5) \qquad B_n \leqq \frac{1}{4}(\Omega^2_{n1} + \Omega^2_{n2} + \ldots \Omega^2_{nn}).$$

L'inégalité (5) nous permet de déduire notre théorème de la condition (2).

Observation. — Dans le cas classique de Tchebicheff l'épreuve E_k consiste dans la définition d'une grandeur X_k et F_n est égale à la moyenne arithmétique de $X_1X_2\ldots X_n$. En désignant par d_k l'espérance mathématique de X_k et par b_k celle de $(X_n - d_n)^2$, on a

$$\beta_{nk} = \frac{b_k}{n},$$
$$\Omega_{nk} = \frac{\max X_k - \min X_k}{n}.$$

La condition (1) se transforme dans la condition connue

$$\max|X_n| = o(\sqrt{n}).$$

On a cherché jusqu'à présent des généralisations du cas de Tchebicheff, dans lequel F_n est égale à la somme de grandeurs indépendantes, en examinant des sommes de grandeurs dépendantes. Très souvent les membres de ces sommes sont des fonctions de quelques autres grandeurs indépendantes. Nous croyons, que dans de tels cas la méthode des fonctions arbitraires de grandeurs indépendantes, proposée ici, serait plus naturelle.

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur une formule représentative du nombre des vivants.* Note [1] de M. **R. Risser**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une étude publiée en 1905, Oltramare avait préconisé pour la représentation du logarithme de la probabilité de vie la formule suivante :

$$\log p_x = \alpha_0 + \alpha_1 c^x + \alpha_2 c^{2x} + \beta_1 c^{-x} + \beta_2 c^{-2x},$$

et n'avait considéré que les systèmes de constantes correspondant aux valeurs de $c > 1$.

Je rappellerai tout d'abord la méthode suivie par Oltramare et montrerai, ce qui était resté inaperçu jusqu'ici il me semble, que les six systèmes de constantes se ramènent à trois distincts, et qu'à chacun de ces systèmes se rattache une forme d'ajustement.

On considère tout d'abord les sommes

$$\text{(I)} \qquad \sum_{nk}^{n(k+1)-1} \log p_x = a_k \qquad \text{avec } k = (0, 1, 2, \ldots, 5),$$

puis les quantités

$$b_i = a_{i+1} - a_i \qquad \text{avec } i = (0, 1, \ldots, 4).$$

Si l'on pose

$$\alpha'_1 = \alpha_1 \frac{(c^n - 1)}{c - 1}, \qquad \alpha'_2 = \alpha_2 \frac{(c^{2n} - 1)}{c^2 - 1}, \qquad \beta'_1 = \beta_1 \frac{(c^{-n} - 1)}{c^{-1} - 1}, \qquad \beta'_2 = \beta_2 \frac{(c^{-2n} - 1)}{c^{-2} - 1},$$

$$\alpha'_1 (y - 1) = \text{M}, \qquad \alpha'_2 (y^2 - 1) = \text{N},$$

$$\beta'_1 \frac{(y-1)}{y} = \text{P}, \qquad \beta'_2 \frac{(y^2 - 1)}{y^2} = \text{Q} \qquad \text{avec } y = c^n,$$

on voit que l'on est conduit aux équations

$$\text{(II)} \qquad b_i = \text{M} y^i + \text{N} y^{2i} - \text{P} y^{-i} - \text{Q} y^{-2i} \qquad (i = 0, 1, \ldots, 4)$$

[1] Séance du 31 octobre 1927.

et, par suite, à l'équation

$$b_2\left(y^3+\frac{1}{y^3}\right)-(b_1+b_3)\left(y^2+\frac{1}{y^2}\right)+(b_2-b_1-b_3)\left(y+\frac{1}{y}\right)+(b_0+2b_2+b_4)=0,$$

qui se ramène à une équation du troisième degré en Z par la transformation $y+\frac{1}{y}=Z$.

Soient

$$(y_1, y_2, c_1, c_2), \quad (y_3, y_4, c_3, c_4), \quad (y_5, y_6, c_5, c_6)$$

les systèmes de valeurs de (y, c) qui se rattachent respectivement à (Z_1, Z_2, Z_3); nous allons montrer que les systèmes (y_1, y_3) conduisent à des fonctions interpolatrices identiques à celles déduites des systèmes (y_2, y_4); quant aux systèmes (y_5 et y_6), ils doivent être combinés pour faire apparaître une forme réelle, puisque dans l'exemple considéré Z_3 a une valeur négative λ.

Cas des racines y_1 et y_2 (système Z_1). — Soit

$$\alpha_0+\alpha_1 c_1^x+\alpha_2 c_1^{2x}+\beta_1 c_1^{-x}+\beta_2 c_1^{-2x},$$

la fonction interpolatrice relative au système (y_1, c_1), et

$$A_0+A_1 c_2^x+A_2 c_2^{2x}+B_1 c_2^{-x}+B_2 c_2^{-2x},$$

celle afférente au système $(y_2 c_2)$.

On remarque tout d'abord que la substitution de $\frac{1}{y}$ à y, et des quantités $(-P, -Q, M, N)$ à $(M, N, -P, -Q)$ ne modifie point le système des équations (II). Il s'ensuit facilement que

$$A'_1=\beta'_1, \quad A'_2=\beta'_2, \quad B'_1=\alpha'_1, \quad B'_2=\alpha'_2.$$

Comme on a $A'_2=\beta'_2=A_2\frac{y_2^2-1}{c_2^2-1}$, on voit que $A_2=\beta_2$ et $A_1=\beta_1$. $B_1=\alpha_1$, $B_2=\alpha_2$, et de plus $A_0=\alpha_0$.

La fonction interpolatrice correspondant à (y_2, c_2) est identique à celle déduite de (y_1, c_1).

Cas des racines (y_5, y_6) (système Z_3). — On trouve immédiatement que c_5 et c_6 sont imaginaires conjuguées, et l'on voit que

$$A'_1=\beta'_1, \quad A'_2=\beta'_2, \quad B'_1=\alpha'_1, \quad B'_2=\alpha'_2$$

Le calcul montre que

$$A_1=\beta'_1\frac{c_6-1}{y_6-1} \qquad \text{avec} \qquad c_6=\rho^{-1}e^{\frac{i\pi}{n}}, \qquad \text{et} \qquad \rho=|y_5|^{\frac{1}{n}}.$$

Quant à l'ensemble $\frac{1}{2}[A_1 c_6^x + \beta_1 c_5^{-x}]$, il est égal à

$$\frac{\beta'_1 \rho^{-x}}{\gamma_6 - 1}\left[(c_6 - 1)e^{\frac{i\pi x}{n}} + (c_5^{-1} - 1)e^{-\frac{i\pi x}{n}}\right],$$

qui se réduit à

$$\frac{\beta'_1 \lambda \rho^{-x}}{\gamma_6 - 1}\cos\left(\frac{\pi x}{n} + \mu\right) \quad \text{avec} \quad \lambda = \frac{\sqrt{1 - 2\rho\cos\frac{\pi}{n} + \rho^2}}{\rho},$$

et

$$\operatorname{tang}\mu = \frac{\sin\frac{\pi}{n}}{\cos\frac{\pi}{n} - \rho}.$$

La solution correspondante à Z_3 est

$$\alpha_0 + \frac{\alpha'_1 \rho^{-x}}{\gamma_5 - 1}\lambda' \cos\left(\frac{\pi x}{n} + \mu'\right) + \frac{\beta'_1 \lambda \rho^{-x}}{\gamma_6 - 1}\cos\left(\frac{\pi x}{n} + \mu\right)$$
$$+ \frac{\alpha'_2 \rho^{2x}}{\gamma_5^2 - 1}\lambda'' \cos\left(\frac{2\pi x}{n} + \mu''\right) + \frac{\beta'_2 \lambda''' \rho^{-2x}}{\gamma_5^2 - 1}\left(\cos\frac{2\pi x}{n} + \mu'''\right).$$

Il semble que des essais nouveaux devraient être tentés en introduisant les formes suivantes pour l'interpolation, où P_2 est un polynome du second degré :

$$\log p_x = P_2(x) + \alpha_1 c^2 + \beta_1 c^{-x},$$
$$\log p_x = P_2(x) + \alpha_1 c^x + \alpha_2 c^{2x} + \beta_1 c^{-x} + \beta_2 c^{-2x}.$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Contact des courbes gauches. Théorème de Meusnier et généralisations. Équation intrinsèque d'une surface.* Note [1] de M. **B. Gambier.**

1. Deux courbes gauches C et C_1 étant tangentes en M, et P, P_1 étant deux points de C et C_1 infiniment voisins de M, l'ordre infinitésimal de PP_1 donne l'ordre du contact; il importe aussi d'étudier la *direction* $\overrightarrow{PP_1}$; si l'ordre du contact est n, *toutes* les surfaces S contenant C et C_1 ont même plan tangent en M et ce plan ne change pas si l'on remplace C (ou C_1) par une courbe Γ (ou Γ_1) ayant en M avec C (ou C_1) un contact d'ordre $n+1$.

Pour $n = 1$, remplaçons C, C_1 par les cercles osculateurs Γ, Γ_1, la sur-

[1] Séance du 31 octobre 1927.

face S par la sphère (Γ, Γ_1) : nous obtenons l'énoncé du théorème de Meusnier, à savoir que les axes des cercles osculateurs aux diverses courbes d'une surface tangentes entre elles en un même point M coupent tous la normale en un même point M_2 : autrement dit *le théorème de Meusnier est vrai pour une surface quelconque parce qu'il est évident pour la sphère*.

De même, à tout système de courbes tracées sur une même surface et ayant entre elles un contact d'ordre n en un point M de cette surface correspond un point fixe M_{n+1} de la normale en M, intersection de cette normale avec le plan

$$\frac{d^{n+1}x_0}{ds^{n+1}}(X-x_0)+\frac{d^{n+1}y_0}{ds^{n+1}}(Y-y_0)+\frac{d^{n+1}z_0}{ds^{n+1}}(Z-z_0)=1,$$

où x_0, y_0, z_0 sont les coordonnées de M, s l'arc de la courbe étudiée. Cela résulte manifestement de l'identité $\mathrm{S}c\frac{dx}{ds}=0$ dérivée n fois; pour $n=1$, on a le théorème de Meusnier.

2. Sur une surface quelconque, appelons R, T, θ, les rayons de courbure et torsion, l'angle du plan osculateur et de la normale à la surface, et s l'arc de la courbe. Les éléments de la ligne (1)

$$(1)\qquad \mathrm{R},\ \theta;\quad \frac{d\mathrm{R}}{ds},\quad \frac{d\theta}{ds},\quad \mathrm{T};\quad \frac{d^2\mathrm{R}}{ds^2},\quad \frac{d^2\theta}{ds^2},\quad \frac{d\mathrm{T}}{ds};\quad \ldots;\quad \frac{d^n\mathrm{R}}{ds^n},\quad \frac{d^n\theta}{ds^n},\quad \frac{d^{n-1}\mathrm{T}}{ds^{n-1}}$$

font intervenir u, v, u', ..., $u^{(n+2)}$, en désignant $\frac{d^p u}{ds^p}$ par u^p. L'élimination de u'', u''', ..., $u^{(n+2)}$ donne $2n+1$ équations liant les éléments de cette ligne (1) à u, v, u' seuls : pour $n=0$, on a donc la relation donnant $\frac{\cos\theta}{\mathrm{R}}$; pour $n=1$, on a, en plus, la relation qui donne $\frac{1}{\mathrm{T}}-\frac{d\theta}{ds}$ et une autre moins connue, signalée par Laguerre, exprimant $2\,\mathrm{tang}\,\theta\left(\frac{1}{\mathrm{T}}-\frac{d\theta}{ds}\right)+\frac{d}{ds}\log\frac{\cos\theta}{\mathrm{R}}$ en u, v, u' seuls.

A partir de $n=2$, dans les relations qui s'ajoutent, on ne peut plus isoler d'une part les quantités (1) et d'autre part u, v, u'. En tout cas, il résulte de là que, pour une surface *donnée* (*qui n'est ni hélicoïdale, ni de révolution*), on peut écrire *deux équations intrinsèques* $F_1=0$, $F_2=0$, où F_1 et F_2 sont des fonctions convenables des expressions

$$(2)\qquad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{\cos\theta}{\mathrm{R}};\quad \dfrac{\sin\theta}{\mathrm{R}};\quad \dfrac{1}{\mathrm{T}}-\dfrac{d\theta}{ds};\quad 2\,\mathrm{tang}\,\theta\left(\dfrac{1}{\mathrm{T}}-\dfrac{d\theta}{ds}\right)+\dfrac{d}{ds}\log\dfrac{\cos\theta}{\mathrm{R}}, \\ \dfrac{d}{ds}\left(\dfrac{1}{\mathrm{T}}-\dfrac{d\theta}{ds}\right);\quad \dfrac{d}{ds}\left[2\,\mathrm{tang}\,\theta\left(\dfrac{1}{\mathrm{T}}-\dfrac{d\theta}{ds}\right)+\dfrac{d}{ds}\log\dfrac{\cos\theta}{\mathrm{R}}\right]. \end{array}\right.$$

L'élimination de θ conduit à *une équation intrinsèque*

$$\Phi\left(\mathrm{R}, \mathrm{T}, \frac{d\mathrm{R}}{ds}, \frac{d^2\mathrm{R}}{ds^2}, \frac{d^3\mathrm{R}}{ds^3}, \frac{d^4\mathrm{R}}{ds^4}, \frac{d\mathrm{T}}{ds}, \frac{d^2\mathrm{T}}{ds^2}, \frac{d^3\mathrm{T}}{ds^3}\right) = 0. \tag{3}$$

Pour les surfaces hélicoïdales ou de révolution, autres que la sphère, l'une des équations, $F_1 = 0$, ne contient que les éléments de la première ligne (2). Pour la sphère de rayon a, on obtient

$$\frac{\cos\theta}{\mathrm{R}} = \frac{1}{a}, \qquad \frac{1}{\mathrm{T}} - \frac{d\theta}{ds} = 0, \qquad \mathrm{R}^2 + \mathrm{T}^2\left(\frac{d\mathrm{R}}{ds}\right)^2 = a^2.$$

On constate assez aisément que F_1 ni F_2 ne peuvent être choisies *quelconques* en fonction des six arguments explicités plus haut. Il est curieux de signaler que, pour les surfaces algébriques, F_1 et F_2 sont algébriques par rapport aux expressions (2)

Il doit y avoir, dans cette voie, de nombreux problèmes intéressants.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une proposition générale sur les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables.* Note [1] de M. **Richard Birkeland.**

Une série $\Sigma c_{m,n} x^m y^n$ représente une fonction hypergéométrique de x et y lorsque les deux rapports $c_{m+1,n} : c_{m,n}$ et $c_{m,n+1} : c_{m,n}$ sont deux fonctions rationnelles fixes R_1 et R_2 de m et n. Soient $R_1 = f : f_1$, $R_2 = g : g_1$, où

$$f(m, n), \quad f_1(m, n), \quad g(m, n), \quad g_1(m, n) \tag{1}$$

sont des polynomes en m et n tels que f et f_1 de même que g et g_1 soient sans facteurs communs. Nous allons démontrer que : *Chacun des polynomes* (1) *est un produit de facteurs linéaires de la forme* $K(am + bn + c)$, *où* K, a, b, c *ne dépendent pas de* m *et* n *et où* a *et* b *sont des nombres entiers.* En effet de l'identité

$$c_{m+1,n}\, c_{m+1,n+1} : c_{m,n}\, c_{m+1,n} \equiv c_{m+1,n+1}\, c_{m,n+1} : c_{m,n+1}\, c_{m,n}$$

il suit :

$$\frac{f(m,n)}{f_1(m,n)} \frac{g(m+1,n)}{g_1(m+1,n)} \equiv \frac{f(m,n+1)}{f_1(m,n+1)} \frac{g(m,n)}{g_1(m,n)}. \tag{2}$$

Soient $h_i(m, n)$ $(i = 1, 2, \ldots, \nu)$ les facteurs *indécomposables* des polynomes (1) ; si $h_i(m, n)$ est un facteur commun de $f(m, n)$ et $g(m, n)$ ou

---

(1) Séance du 17 octobre 1927.

de $f_1(m, n)$ et $g_1(m, n)$ nous donnerons le même indice i à ces deux facteurs (appelés ici facteurs marqués). Dans (2) nous supprimons ces facteurs communs et dirons que (2) sera alors *réduite*. *La relation réduite* (2) *contient et ne contient que deux facteurs du même indice*, et l'on peut identifier chacun des facteurs *non* marqués avec un facteur des polynomes

$$(3) \qquad f(m, n+1), \quad f_1(m, n+1), \quad g(m+1, n), \quad g_1(m+1, n).$$

On aura donc en désignant par (ε, ν) un des points $(0, 1)$ et $(1, 0)$ et par $h_1(m, n), \ldots, h_{c_1}(m, n)$ tous les facteurs non marqués

$$(4) \qquad h_s(m, n) \equiv h_{s_1}(m+\varepsilon, n+\nu) \qquad (s = 1, 2, \ldots, c_1).$$

Dans (2) il ne reste plus de facteurs des polynomes (1); il reste autant de facteurs des polynomes (3) qu'il y a de facteurs marqués. En identifiant ces $\mathcal{L}$ facteurs restants on aura $c - c_1 = \frac{1}{2}\mathcal{L}$ relations de la forme

$$(5) \qquad h_t(m, n+1) \equiv h_{t_1}(m+1, n).$$

Au lieu de (2) nous considérons dorénavant les relations (4) et (5). Nous prenons dans ces relations (qui contiennent et ne contiennent que deux facteurs de même indice) une relation contenant un indice quelconque i_0. Cette relation contient aussi un facteur d'indice i_1. Si $i_0 \neq i_1$, il existe une autre relation contenant l'indice i_1; soit i_2 indice de l'autre facteur qu'elle contient. Si i_2 est différent de i_0 et i_1, nous prendrons parmi (4) et (5) l'autre relation contenant l'indice i_2 et nous continuerons ainsi. On aura peu à peu ces relations écrites sous les formes

$$(6) \qquad h_{i_{r-1}}(m, n) \equiv h_{i_r}(m+\varepsilon_r, n+\nu_r) \qquad (r = 1, 2, \ldots, \alpha),$$

où les (ε_r, ν_r) peuvent prendre une des six valeurs $(0, 1)$, $(1, 0)$, $(0, -1)$, $(-1, 0)$, $(-1, 1)$ et $(1, -1)$. Si $h_{i_0}(m, n)$ est facteur non marqué, nous conviendrons de prendre celle des relations (4) ayant $h_{i_0}(m, n)$ à gauche. Si i_α est le premier indice égal à un des précédents, on aura $i_\alpha = i_0$. Désignons alors par b_{i_0} le cycle de relations (6) que nous caractériserons par

$$P_{i_0}(0, 1), \quad Q_{i_0}(1, 0), \quad R_{i_0}(0, -1), \quad S_{i_0}(-1, 0), \quad T_{i_0}(-1, 1), \quad U_{i_0}(1, -1),$$

ce qui veut dire : il existe P_{i_0} relations correspondant au point $(0, 1)$, Q_{i_0} au point $(1, 0)$, etc. Nous dirons qu'une relation (6) *correspond* au point (ε_r, ν_r). Si le facteur à gauche dans (6) est marqué, nous dirons que la relation est marquée. Soient R'_{i_0} et S'_{i_0} le nombre de relations *marquées* correspondant respectivement aux points $(0, -1)$ et $(-1, 0)$.

On aura $R_{i_0} = S_{i_0} = 0$; pour démontrer cela il suffit de démontrer que $R'_{i_0} = S'_{i_0} = 0$ car en examinant la formation des relations (6) on voit qu'il ne peut exister des relations non marquées correspondant aux points (0, —1) et (—1, 0) sans qu'il existe au moins une relation marquée correspondant aux mêmes points. Nous ordonnons toutes les relations (4) et (5) en cycles b_{i_0}. Le nombre total N des facteurs dans les polynomes (1) est $L + \Sigma(P_{i_0} + Q_{i_0} + R_{i_0} - R'_{i_0} + S_{i_0} - S'_{i_0})$, cette somme s'étendant à tous les cycles b_{i_0}. On aura (voir plus haut) $L = 2\Sigma(U_{i_0} + T_{i_0})$. Le nombre des facteurs des polynomes (3) est aussi égal à N et à

$$\Sigma[P_{i_0} + Q_{i_0} + R_{i_0} + S_{i_0} + 2(U_{i_0} + T_{i_0})].$$

En comparant, on aura $R'_{i_0} = S'_{i_0} = 0$. Ceci posé, en combinant peu à peu les α relations (6) on aura enfin

$$h_{i_0}(m, n) \equiv h_{i_0}(m + \alpha_{i_0}, n + e_{i_0}),$$
$$\alpha_{i_0} = \varepsilon_1 + \ldots + \varepsilon_\alpha - Q_{i_0} + U_{i_0} - T_{i_0}, \qquad e_{i_0} = \nu_1 + \ldots + \nu_\alpha = P_{i_0} + T_{i_0} - U_{i_0}.$$

Si α_{i_0} et e_{i_0} ne sont pas nuls tous deux, les facteurs du cycle seront linéaires et de la forme énoncée. Il reste donc seulement à démontrer qu'on ne peut pas avoir $\alpha_{i_0} = e_{i_0} = 0$. Dans ce cas on aurait $P_{i_0} = Q_{i_0} = 0$ et l'on obtiendrait $\alpha_{i_0} = -e_{i_0} = \pm\alpha$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un travail récent de MM. Widder et Gergen.* Note [1] de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. J. Hadamard.

Le résultat établi dans la Note de MM. Widder et Gergen [2] a été démontré par ces auteurs d'après les conversations que nous avons eues avant la publication de ma Note qu'ils citent et où je leur ai fait connaître le résultat.

D'autre part après la publication de ma Note, M. Pòlya m'a fait savoir qu'on peut conclure le fait que $\Sigma a_{\lambda_n} x^{\lambda_n}$ admet le cercle de convergence comme coupure, avec les a_{λ_n} arbitraire ($R = 1$) la suite $\{\lambda_n\}$ satisfaisant à une condition semblable et plus générale que la nôtre (φ, étant irrationnel, l'ensemble dérivé de $e^{i2\pi\lambda_n\varphi}$ est de mesure nulle) en partant d'un théorème connu de M. Fabry et d'un résultat arithmétique de M. Herman Weyl.

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 829.

Il me semble pourtant que la Note de MM. Widder et Gergen conserve son intérêt par l'emploi d'une méthode simple (ils la simplifient d'ailleurs dans un Mémoire qui va paraître) et par le fait qu'ils démontrent, au contraire, une partie importante du théorème de M. Fabry, en partant d'un résultat plus simple que ceux employés par les autres auteurs pour le même but.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application d'une méthode nouvelle d'intégration aux équations* $y' = R(x, y)$ (R rationnel en y). Note [1] de M. **Edm. Lahaye**, présentée par M. Goursat.

Nous voudrions indiquer quelques-uns des résultats que nous avons obtenus par l'application d'une méthode d'intégration, énoncée dans une Note précédente [2], aux équations de la forme $y' = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)}$, où P et Q sont des polynomes en y, et sont analytiques par rapport à x.

Si p et q sont respectivement les plus hautes puissances de y dans P et Q, nous supposerons d'abord $p \leqq q + 1$. Dans ces conditions, soit l'équation

$$(1) \qquad y'\left(\sum_{r=0}^{r=q} A_r y^r\right) = \sum_{s=0}^{s=q+1} B_s y^s \qquad (A_q \neq 0).$$

Par notre procédé, nous sommes conduit, pour trouver l'intégrale qui se réduit à y_0 pour $x = x_0$, aux relations suivantes :

$$\sum_{r=0}^{r=q} \frac{A_r}{r+1} y_1^{r+1} = \sum_{r=0}^{r=q}\left(\frac{A_r}{r+1} y^{r+1}\right)_0 + \int_{x_0}^{x} \sum_{s=0}^{s=q+1} B_s y_0^s \, dx + \int_{x_0}^{x} \sum_{r=0}^{r=q} \frac{A'_r}{r+1} y_0^{r+1} \, dx,$$

$$\sum_{r=0}^{r=q} \frac{A_r}{r+1} y_2^{r+1} = \sum_{r=0}^{r=q}\left(\frac{A_r}{r+1} y^{r+1}\right)_0 + \int_{x_0}^{x} \sum_{s=0}^{s=q+1} B_s y_1^s \, dx + \int_{x_0}^{x} \sum_{r=0}^{r=q} \frac{A'_r}{r+1} y_1^{r+1} \, dx,$$

. . . . ,

$$\sum_{r=0}^{r=q} \frac{A_r}{r+1} y_n^{r+1} = \sum_{r=0}^{r=q}\left(\frac{A_r}{r+1} y^{r+1}\right)_0 + \int_{x_0}^{x} \sum_{s=0}^{s=q+1} B_s y_{n-1}^s \, dx + \int_{x_0}^{x} \sum_{r=0}^{r=q} \frac{A'_r}{r+1} y_{n-1}^{r+1} \, dx$$

$$(n \to \infty),$$

où l'on prendra la détermination de y_i se réduisant à y_0 pour $x = x_0$.

---

(1) Séance du 31 octobre 1927.

(2) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 172.

Si $p \leqq q+2$, l'équation à résoudre sera de la forme

$$(2)\qquad y'\left(\sum_{r=0}^{r=q} A_r y^r\right) = \sum_{s=0}^{s=q+1+k} B_s y^s, \qquad \text{avec } k \text{ entier, positif, } \neq 0,\ B_{q+1+k} \neq 0.$$

Posons $y = \frac{u}{v}$. L'intégrale, qui se réduit à y_0 pour $x = x_0$, nous conduit aux relations suivantes, où les quantités E_0, C_α, D_β se déduisent aisément des quantités A_r et B_s,

$$u_1 = u_0 + \int_{x_0}^{x} E_0 v_0\, dx,$$

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=q+k-1} C_\alpha v_1^{q+k-\alpha} u_1^\alpha = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=q+k-1} (C_\alpha v^{q+k-\alpha} u^\alpha)_0 + \int_{x_0}^{x} \sum_{\beta=0}^{\beta=q+k} D_\beta v_0^{q+k-\beta} u_0^\beta\, dx;$$

. . . . ;

$$u_n = u_0 + \int_{x^0}^{x} E_0 v_{n-1}\, dx,$$

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=q+k-1} C_\alpha v_n^{q+k-\alpha} u_n^\alpha = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=q+k-1} (C_\alpha v^{q+k-\alpha} u^\alpha)_0 + \int_{x_0}^{x} \sum_{\beta=0}^{\beta=q+k} D_\beta v_{n-1}^{q+k-\beta} u_{n-1}^\beta\, dx$$

$$(n \to \infty),$$

où l'on prendra les déterminations de u_i et v_i qui se réduisent respectivement à u_0 et v_0 pour $x = x_0$.

Nous avons démontré que le long d'un chemin d'intégration qui évite les points singuliers fixes et mobiles, y_n et $\frac{u_n}{v_n}$ convergent uniformément vers une limite qui représente respectivement l'intégrale de (1) et (2) satisfaisant aux conditions initiales données.

Nous sommes ainsi amené à une méthode d'approximations successives généralisant celle de M. Picard et valable le long de toute ligne convenablement choisie. Cette méthode nous permet une étude systématique des développements dans le domaine des points critiques transcendants et de montrer, en particulier, que les points critiques sont isolés.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Propriétés des câbles métalliques d'extraction déduites des statistiques, des essais et des constatations en service.* Note [1] de M. **Félix Leprince-Ringuet**, présentée par M. Rateau.

Les câbles métalliques d'extraction font l'objet, au cours de leur service, d'essais sur fils englobant la majorité des 70 à 250 fils de chaque patte coupée, et d'un examen minutieux des fils visibles. Jusqu'ici les essais ne donnent que dans moins de 4 pour 100 des cas des résultats assez concluants pour déterminer la dépose des câbles; dans tous les autres cas on se guide sur un ensemble d'appréciations.

Si l'on admet qu'en moyenne ces appréciations, lorsqu'elles sont effectuées par les mêmes personnes, fixent de manière comparable la fatigue des câbles au moment de leur dépose, on peut rapporter à leur durée de service prise comme unité les constatations faites à différentes époques. On constate alors qu'en prenant des moyennes portant sur un grand nombre de câbles, il s'en dégage des lois très régulières; mais, dans chaque cas individuel, les écarts probables sont assez grands pour les masquer. Je me suis servi des constatations faites dans les mines de la Sarre au cours des huit dernières années sur environ 700 câbles.

La figure 1 montre les résultats obtenus par les essais de flexion et de traction sur fils, rapportés au chiffre initial 100. On voit que *la baisse des flexions suit une ligne droite.* L'allure parabolique de la baisse de la *résistance* à la traction est due à ce que l'on exclut les fils dont la résistance est inférieure aux 80 pour 100 de la résistance moyenne et ceux qui ne donnent pas un nombre de flexions suffisant : leur proportion croît avec le temps. La grandeur des écarts probables montre pourquoi les essais individuels ne peuvent qu'exceptionnellement fournir des indications utilisables.

Les *essais de torsion* ne sont pratiqués que depuis peu d'années. Pour les interpréter, j'ai d'abord établi la courbe (1) (*fig.* 2), obtenue par éléments successifs en groupant les essais donnant des nombres de torsions voisins sur une longueur de fil de 100 fois son diamètre. Il n'y a en effet que peu de câbles pour lesquels on descende en fin de service au-dessous de 5 torsions. Cette courbe présente un point d'inflexion au voisinage de 13 torsions. Elle a permis les interpolations nécessaires pour obtenir la courbe (2) qui donne les moyennes observées en fonction de la durée de

(1) Séance du 17 octobre 1927.

service et la grandeur des écarts probables. Les essais de torsion se distinguent des précédents par *la continuité de la baisse* pour un câble donné et par *une bien moindre amplitude des écarts. Aussi paraissent-ils susceptibles de fournir un critérium utile.*

Les *ruptures de fils* suivent, dans l'ensemble, *une loi exponentielle rigoureuse.* C'est ce que montrent les points de la figure 3 obtenus en prenant les

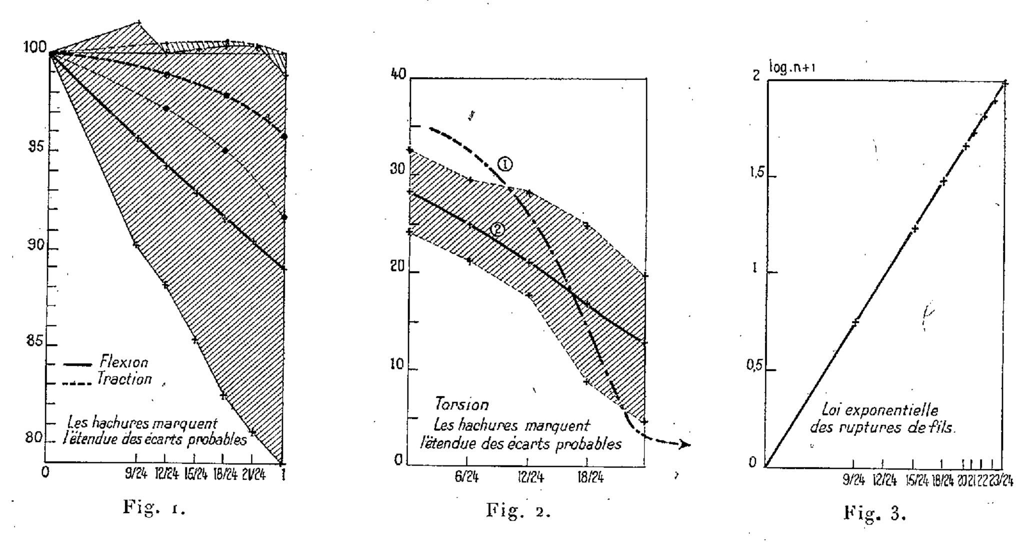


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

moyennes n pour 100 ruptures observées à la dépose, et portant $\log n + 1$ en ordonnées. Pour chaque câble individuellement, on peut déterminer une relation : $\log(N+c) = \gamma M + \log c$ entre le nombre N des ruptures et la durée M de service en mois par 2 déterminations déterminant les constantes c et γ, la première lorsque l'on observe au moins 5 ruptures, la seconde à une époque quelconque. L'expérience montre que l'on peut calculer ainsi *a priori* le moment où le nombre des ruptures atteindra un chiffre donné *avec une erreur probable inférieure à 4 pour* 100. *Cette loi présente ainsi un très grand intérêt pratique.*

La comparaison des services effectués dans un même puits par les *câbles supérieurs et inférieurs* montre que, contrairement aux idées reçues, les flexions alternées de ces derniers ne se traduisent, sur les moyennes, par aucune diminution à l'écart probable près (2 pour 100).

Si, encore dans les mêmes puits, on compare les périodes d'activité ralentie aux périodes d'activité normale, on met en évidence l'existence d'une relation approximative $B = M^{1-u}W^{u}$ entre la durée de service M et le tonnage kilométrique W de la patte du câble, dans laquelle $u = 0,5$ avec un écart pro-

bable de 0,15. Cette relation permet de définir *le rendement* $B = \sqrt{MW}$ d'un câble travaillant dans un puits donné, rendement proportionnel au tonnage extrait lorsque l'activité $\frac{W}{M}$ demeure constante.

Cette loi permet d'aborder les comparaisons entre des puits différemment outillés. En particulier elle permet d'établir que la *vitesse de marche*, variant entre 1 et 20 m/s, n'exerce aucune influence appréciable sur le rendement non plus que le *rapport du diamètre d'enroulement au diamètre* d des fils, mais par contre que l'augmentation de ce dernier multiplie le rendement comme $d^{0,75}$, *ce qui met en évidence l'avantage des gros fils;* enfin elle confirme que les aciers à 175 kg/mm² donnent un rendement moindre, de 8 pour 100 environ, que ceux à 150 kg/mm².

Les lois ainsi dégagées permettent, dans une large mesure, de substituer à l'appréciation un critérium de la sécurité et d'améliorer les conditions d'emploi des câbles.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement rotationnel vertical plan des liquides parfaits. Écoulement par un orifice.* Note [1] de M. **J. Grialou**.

Dans la Communication précédente du 1er septembre 1927, je me suis servi de la relation $\frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta w}{w} =$ const. pour établir la théorie du déversoir en mince paroi. Je crois utile de montrer aujourd'hui une application nouvelle et intéressante de la même théorie aux écoulements par des orifices.

Je prendrai par exemple le cas simple, indiqué sur la figure, d'un écoulement par un orifice CD, de hauteur h percé dans la paroi verticale d'un vase de longueur l et de largeur égale à l'unité, où le liquide est maintenu, malgré l'écoulement, à une hauteur constante $(H + h)$ au-dessus du fond horizontal; on suppose donc le régime permanent et le liquide parfait.

En tenant compte des conditions aux limites relatives à la forme des parois et de ce que l'écoulement s'effectue sur la section horizontale située à une hauteur h au dessus du fond ED, avec une verticale vitesse w variable avec la distance x à la paroi EA, on voit aisément qu'on est amené à écrire :

$$w = A(e^{nx} + e^{-nx}) \cos mz, \tag{1}$$

---

[1] Séance du 26 septembre 1927.

et comme $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$,

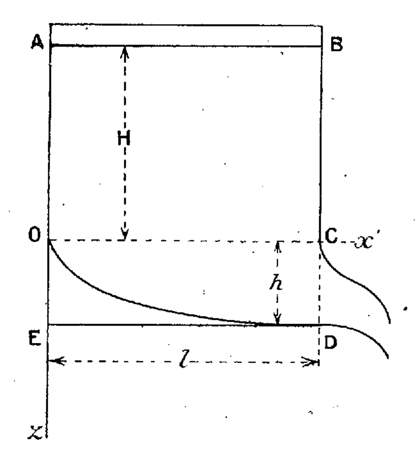
$$\frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{\partial u}{\partial x} = -mA(e^{nx} + e^{-nx})\sin mz$$

et, en intégrant,

(2) $$u = F(z) + \frac{m}{n}A(e^{nx} - e^{-nx})\sin mz.$$

Comme pour $x = 0$, $u = 0$, $F(z) = 0$ et

(2bis) $$u = \frac{m}{n}A(e^{nx} - e^{-nx})\sin mz.$$



L'équation différentielle des trajectoires est

(3) $$\frac{w}{u} = \frac{dz}{dx} = \frac{(e^{nx} + e^{-nx})\cos mz}{\frac{m}{n}(e^{nx} - e^{-nx})\sin mz}$$

et, en intégrant,

(4) $$(e^{nx} - e^{-nx})\cos mz = \text{const.},$$

équation générale des trajectoires.

La trajectoire inférieure OD donne $w = 0$ pour $x = l$, $z = +h$; donc

(5) $$mh = \frac{\pi}{2}, \qquad m = \frac{\pi}{2h}.$$

La vitesse étant constante le long de OD, on a

(6) $$w_{00} = u_{2h}; \qquad 2A = \frac{m}{n}A(e^{nl} - e^{-nl}) \quad \text{ou} \quad \frac{2}{m} = \frac{e^{nl} - e^{-nl}}{n},$$

p_1 étant la pression intérieure en D et p_0 la pression atmosphérique extérieure, on a

$$(7)\qquad \mathrm{H}+\frac{p_0}{\mathrm{H}}=\frac{p_1}{\mathrm{H}};\qquad u_{2h}=\sqrt{2g\left(\frac{p_1-p_0}{\mathrm{H}}\right)}=\sqrt{2g\mathrm{H}}=2\mathrm{A}.$$

L'équation (6) donne n, m étant donnée par (5) et A par la relation (7).

Le débit Q, par unité de largeur, aura pour expression

$$\mathrm{Q}=\int_0^h u_l\,dz=\int_0^h \frac{m\mathrm{A}}{n}(e^{nl}-e^{-nl})\sin mz\,dz$$
$$=\int_h^0 \frac{\mathrm{A}}{n}(e^{nl}-e^{-nl})\,d\cos mz=\frac{\mathrm{A}}{n}(e^{nl}-e^{-nl})=\frac{2\mathrm{A}}{m},\qquad \text{[d'après (6)]},$$

et en remplaçant A et m par leurs valeurs (7) et (5) :

$$\mathrm{Q}=\boxed{\frac{2}{\pi}h\sqrt{2g\mathrm{H}}}=\frac{2}{\pi}(h\times 1)\sqrt{2g\mathrm{H}},$$

$h\times 1$ représente la section Ω d'écoulement et $\frac{2}{\pi}$ le coefficient de contraction de Newton, quand on admettait l'hypothèse d'une section contractée.

On aura aussi

$$\mathrm{Q}=\int_0^l w_{0x}\,dx=\int_0^l (\mathrm{A} \mid e^{nx}+e^{-nx})\,dx=\frac{\mathrm{A}}{n}(e^{nl}-e^{-nl}).$$

On remarquera qu'on a bien $\frac{\Delta u}{u}=\frac{\Delta w}{w}$, puisque :

$$2\eta=\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{\partial w}{\partial x}=\frac{c^2\mathrm{A}}{n}(e^{nx}+e^{-nx})\cos mz,\qquad \text{avec } m^2-n^2=c^2,$$
$$2\frac{\partial\eta}{\partial z}=\Delta u=-\frac{c^2\mathrm{A}\,m}{n}(e^{nx}-e^{-nx})\sin mz=-c^2u,$$
$$2\frac{\partial\eta}{\partial x}=-\Delta w=c^2\mathrm{A}\,(e^{nx}+e^{-nx})\cos mz=c^2w,$$
$$\frac{\Delta u}{u}=\frac{\Delta w}{w}=-c^2.$$

Cet exemple montre comment on peut traiter les questions d'écoulements par orifices d'une manière rationnelle et particulièrement simple.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le problème des n corps dans la théorie de la relativité.* Note (¹) de M. **Th. De Donder.**

1. Considérons n corps massiques et cherchons les équations aux dérivées partielles qui régissent leur champ gravifique. Chacun de ces corps sera désigné par un indice ν; on aura donc $\nu = 1, 2, \ldots, n$.

En généralisant la méthode d'Einstein, posons :

$$(1) \qquad (\delta s_\nu)^2 \equiv \sum_\alpha \sum_\nu g^\nu_{\alpha\beta}\, \delta x^\alpha_\nu\, \delta x^\beta_\nu \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4;\quad \nu = 1, \ldots, n),$$

où

$$(2) \qquad g^\nu_{\alpha\beta} \equiv g^\nu_{\alpha\beta}(x^1_1, \ldots, x^4_1, \ldots; x^1_n, \ldots, x^4_n).$$

Posons, en outre,

$$(3) \qquad (\delta s)^2 \equiv \sum_\nu (\delta s_\nu)^2.$$

La forme différentielle (3) renferme donc $10n$ fonctions (2) dépendant des $4n$ coordonnées des n corps (ponctuels) considérés.

Adoptons les notations et procédés développés dans notre *Théorie des champs gravifiques* (²), et posons :

$$(4) \qquad \mathfrak{M}^g_\nu = b\, C_\nu \sqrt{-g_\nu},$$

où b est une constante universelle et où C_ν est la courbure de Gauss de (1). Posons, en outre,

$$(5) \qquad \mathfrak{M}^g \equiv \sum_\nu \mathfrak{M}^g_\nu.$$

Passons à la fonction phénoménale et posons ici :

$$(6) \qquad \mathfrak{M}_\nu \equiv \mathfrak{N}_\nu W^2,$$

où

$$W^2 \equiv \sum_\nu W^2_\nu \qquad \text{et} \qquad W^2_\nu \equiv \sum_\alpha \sum_\beta g^{\alpha\beta}_\nu u^\nu_\alpha u^\nu_\beta.$$

Le symbole $\mathfrak{N}_\nu$ représente la $\nu^{\text{ième}}$ densité massique généralisée.

(¹) Séance du 31 octobre 1927.

(²) Voir *Mémorial des Sciences mathématiques*, fascicule XIV, Paris, 1926.

Les $10n$ équations fondamentales du champ gravifique cherché s'écrivent

$$\frac{\partial(\mathfrak{M}^g + \mathfrak{M})}{\partial g_\nu^{\alpha\beta}} = 0 \tag{8}$$

ou bien encore

$$\boxed{b\sqrt{-g_\nu}\,C_{\alpha\beta}^\nu = \mathfrak{N}\left(u_\alpha^\nu u_\beta^\nu - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta}^\nu W_\nu^2\right)} \tag{9}$$

en posant

$$\mathfrak{N} = \sum \mathfrak{N}_\nu. \tag{10}$$

2. Remarquons que les quatre identités fondamentales de la Gravifique einsteinienne subsistent pour *chacun* des $(\delta s_\nu)^2$ qui figurent dans (1). De ces $4n$ identités et des $10n$ équations gravifiques (9) nous déduisons *les $4n$ équations de la mécanique des n corps :*

$$\mathfrak{N}\left[\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial\,\frac{1}{2}W_\nu^2}{\partial u_\nu^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial\,\frac{1}{2}W_\nu^2}{\partial x_\nu^\alpha}\right)\right] + u_\alpha^\nu \sum_\beta \left(\frac{\partial(\mathfrak{N} u_\nu^\beta)}{\partial x_\nu^\alpha}\right) = 0. \tag{11}$$

Multiplions par $\delta x_\nu^1 \ldots \delta x_\nu^4$; d'où, dans le cas de *n points* de masses $m_1 \ldots m_n$, les $4n$ équations

$$\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial L_\nu}{\partial u_\nu^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial L_\nu}{\partial x_\nu^\alpha}\right) = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4;\ \nu = 1, \ldots, n), \tag{12}$$

où l'on a posé

$$L_\nu \equiv \frac{1}{2} m_\nu W_\nu^2. \tag{13}$$

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Influence des surfaces de discontinuité atmosphériques sur la propagation des ondes courtes.* Note (¹) de M. **Georges-Henri Huber**, présentée par M. H. Deslandres.

Au cours de sa campagne en Norvège et en Islande l'aviso *Ville-d'Ys* a assuré un service régulier de transmissions météorologiques par ondes courtes. Six fois par jour, les émissions faites simultanément sur 65 et 24^m étaient

(¹) Séance du 31 octobre 1927.

écoutées par des postes de la région parisienne, des postes privés de l'intérieur, ou des postes côtiers.

Nous avons étudié d'une façon continue l'influence des phénomènes météorologiques sur la propagation des ondes et observé :

1° Que le front polaire pouvait gêner la propagation des ondes courtes;

2° Dans quelles circonstances cet obstacle se présentait.

A. Le 12 avril 1927, entre Trondjhem et Svolvaer, la *Ville-d'Ys* se trouve dans un secteur froid (air polaire direct) : toutes nos écoutes sont mauvaises, seules deux de nos émissions sont bien reçues en France.

Le 13 avril, le front froid est très affaibli, une forte baisse barométrique vient de la mer du Nord, amenant une forte invasion de SW délimitée par un front chaud très marqué. La *Ville-d'Ys* passe à l'W du front chaud vers 12^h00. Nos émissions arrivent très faibles ou illisibles à Paris; l'émission de $12^h,40^m$ jusqu'alors la mieux reçue n'arrive pas. Par contre nos écoutes ne sont qu'affaiblies.

Le 14 avril, situation calme, meilleures communications.

Le 15, un front froid très marqué s'étend au sud de nous, orienté sensiblement SSW, NNE, suivant une droite qui irait de Brest à Hambourg (situation à 7^h le matin). Nous n'entendons plus la France qui nous reçoit mal, mais nous entendons le *Jacques-Cartier* qui se trouve dans l'Atlantique.

Le 16 avril, l'invasion d'air polaire a gagné l'Europe occidentale; les communications sont normales.

B. Le 24 et le 25 avril, à Kristiansund, en plein secteur froid avec invasion d'air polaire maritime sur l'Europe occidentale (front passant par l'Écosse, la Hollande et le Danemark). Nous n'entendons plus les postes français, sauf celui d'Issy-les-Moulineaux, dont l'émission de 12^h50^m sur 33^m est particulièrement forte et bonne. En France, Brest et Mantallot (Côtes-du-Nord) nous entendent avec un affaiblissement tandis que Paris, que nous n'entendons pas, nous entend bien; le 26 avril, situation plus calme, communications normales; le 27, entre Kristiansund et les Féroë, violent coup de vent du Nord. Les vents du Nord couvrent toute la mer du Nord constituant une forte invasion polaire avec, vers $13^h,00$, front très marqué passant par le sud de l'Islande, le centre de l'Angleterre et remontant vers le sud de la Norvège. Il nous est impossible de rien entendre, alors que nos émissions ne subissent qu'un léger affaiblissement.

C. Les 20 et 21 mai (en Islande) deux surfaces de discontinuité s'interposent entre la *Ville-d'Ys* et la France, ni émissions ni réceptions ne passent à travers ce double écran. Le 12 mai, l'invasion polaire a gagné la *Ville-d'Ys*. Il ne subsiste que le front froid; on nous entend en France mais nous n'entendons toujours pas.

Conclusions. — De cette série d'observations, il apparaît que :

1° Les surfaces de discontinuité atmosphérique constituent un obstacle à la propagation des ondes courtes. Le fait est surtout très net pour le front polaire proprement dit qui présente souvent des discontinuités très franches. L'obstacle est d'ailleurs d'autant plus sérieux que la fraction du front située

entre les deux postes cherchant à communiquer entre eux est plus marquée.

2° Une surface de discontinuité formant avec le sol deux dièdres, l'un aigu, l'autre obtus, les émissions du poste situé dans le dièdre aigu sont beaucoup moins gênées que ses réceptions. On a vu qu'un tel poste pouvait fort bien ne pas entendre ses correspondants au delà du front et être entendu par eux.

Il semble en outre que, plus l'un des deux correspondants est voisin du front, plus l'obstacle présenté à la propagation est considérable (observations des 13 et 27 avril).

ÉLECTRICITÉ. — *Les phénomènes d'absorption des gaz et l'équilibre de la pression dans les lampes sans filament.* Note (¹) de M. **J. Risler**, présentée par M. Paul Janet.

On sait qu'une des causes de l'arrêt de fonctionnement des lampes luminescentes, c'est-à-dire à atmosphère gazeuse, est la diminution de la pression intérieure du gaz et sa disparition.

Ces phénomènes proviennent comme on le sait de l'absorption du gaz par la paroi du verre ou par l'équipement métallique constituant les électrodes de la lampe. Étudié particulièrement par Moore, G. Claude, ce phénomène a constitué le principal obstacle à l'éclairage par luminescence.

Reprenant des expériences dans ce même ordre d'idées j'ai montré en 1925 qu'un tube à trois électrodes pouvait fonctionner pendant une très longue durée si l'on avait soin d'introduire dans une électrode de dérivation certains corps émettant des vapeurs d'azote, d'acide carbonique, etc. (²).

Dans ces études récentes concernant une lampe sans filament destinée à redresser le courant alternatif, j'ai constaté que la pression du gaz pouvait être équilibrée à l'aide d'un dispositif émettant une quantité de vapeur à peu près équivalente au volume régulièrement absorbé par l'équipement métallique et les parois de la lampe.

Ce résultat assez curieux est obtenu de la façon suivante : on loge à l'intérieur d'un cylindre de grande superficie, faisant fonction de cathode, les deux électrodes destinées à redresser les alternances successives. Ces deux électrodes sont creuses et contiennent une petite quantité d'un corps

(¹) Séance du 31 octobre 1927.

(²) *Revue générale d'Électricité*, 18, 7 novembre 1925, p. 788.

organique (anthraquinone, par exemple) dégageant des vapeurs de CO^2 par électro-vaporisation.

A la jauge de Mac Leod, on constate, dans ces conditions, que la pression intérieure de CO^2 se maintient constante aux environs de 10^{-1} mm de mercure. Si l'on branche la lampe sur un transformateur de 350 volts et si l'on introduit un milliampèremètre dans le circuit, on constate que l'aiguille reste fixe pendant plusieurs heures montrant ainsi que le débit du courant redressé reste constant.

L'ordre de grandeur de ce débit peut varier suivant les caractéristiques du transformateur et du rhéostat employés.

On peut suivre à l'œil les phénomènes d'autorégulation qui apparaissent comme de petits éclatements au niveau des anodes. Ces éclatements sont occasionnés par l'expulsion d'une petite quantité de gaz provoquée par la fusion du corps organique.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre de* O II. Note (1) de M. **C. Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Les termes du spectre de O II, qui dérivent de la configuration électronique normale de O III, se répartissent entre un couple a de systèmes de quadruplets et de doublets rattaché au multiplet ^{3}P de O III, un système a' de doublets rattachés au multiplet ^{1}D de O III et un système a' de doublets rattachés au terme ^{1}S de O III.

Aux termes déjà connus du système a des quadruplets, j'ai pu adjoindre le multiplet $a4p\,^4D$ qui correspond à l'orbite $4p$ de l'électron émissif et donne avec le terme $a3d.\,^4F$ les combinaisons suivantes :

λ.	i.	ν.	Combinaisons.
6895,29	5	14498,66	$a3d.^4F_{\frac{9}{2}} - a4p.^4D_{\frac{7}{2}}$
6846,97	1	14600,98	$a3d.^4F_{\frac{7}{2}} - a4p.^4D_{\frac{7}{2}}$
6906,54	4	14475,04	$a3d.^4F_{\frac{7}{2}} - a4p.^4D_{\frac{5}{2}}$
6869,74	1	14552,58	$a3d.^4F_{\frac{5}{2}} - a4p.^4D_{\frac{5}{2}}$
6910,75	3	14466,23	$a3d.^4F_{\frac{5}{2}} - a4p.^4D_{\frac{3}{2}}$
6885,07	1	14520,18	$a3d.^4F_{\frac{3}{2}} - a4p.^4D_{\frac{3}{2}}$
6908,11	2	14471,75	$a3d.^4F_{\frac{3}{2}} - a4p.^4D_{\frac{1}{2}}$

(1) Séance du 31 octobre 1927.

D'après cela les valeurs des quatre termes $a4p\,{}^4D$ sont :

$${}^4D_{\frac{1}{2}} = 37591,40, \quad {}^4D_{\frac{3}{2}} = 37542,91, \quad {}^4D_{\frac{5}{2}} = 37456,35, \quad {}^4D_{\frac{7}{2}} = 37330,25.$$

Aux termes déjà connus du système a' des doublets, j'ai ajouté aussi les termes $a'.3p.{}^2F$ et les termes $a'.3d.{}^2F$ et $a'.3d.{}^2G$, qui donnent les combinaisons suivantes :

Combinaisons de $a'3p.{}^2F$ avec $a'3s.{}^2D$ et $a'4s.D$.

λ.	*i.*	ν.	Combinaison.
4590,94	7	21775,97	$a'3s.{}^2D_{\frac{5}{2}} - a'3p.{}^2F_{\frac{7}{2}}$
4596,13	6	21751,33	$a'3s.{}^2D_{\frac{3}{2}} - a'3p.{}^2F_{\frac{5}{2}}$
3273,54	52	30539,20	$a'3p.{}^2F_{\frac{7}{2}} - a'4s.{}^2D_{\frac{5}{2}}$
3270,96	42	30563,23	$a'3p.{}^2F_{\frac{5}{2}} - a'4s.{}^2D_{\frac{5}{2}}$

Combinaisons de $a'3p.{}^2F$ avec $a'3d.{}^2D$ et $a'3d.{}^2G$.

λ.	*i.*	ν.	Combinaison.
4113,82	2	24301,46	$a'3p.{}^2F_{\frac{7}{2}} - a'3d.{}^2D_{\frac{5}{2}}$
4110,21	1	24322,86	$a'3p.{}^2F_{\frac{5}{2}} - a'3d.{}^2D_{\frac{3}{2}}$
4189,78	8	23860,88	$a'3p.{}^2F_{\frac{7}{2}} - a'3d.{}^2G_{\frac{9}{2}}$
4185,44	6	23885,62	$a'3p.{}^2F_{\frac{5}{2}} - a'3d.{}^2G_{\frac{7}{2}}$

Combinaisons de $a'3d.F$ avec $a'3p\,D$, $a'3p.F$ et $a3pD$.

λ.	*i.*	ν.	Combinaison.
4698,99	3	21275,24	$a'3p.{}^2D_{\frac{5}{2}} - a'3d.{}^2F_{\frac{7}{2}}$
4698,48	1	21277,55	$a'3p.{}^2D_{\frac{5}{2}} - a'3d.{}^2F_{\frac{5}{2}}$
4703,14	3	21256,47	$a'3p.{}^2D_{\frac{3}{2}} - a'3d.{}^2F_{\frac{5}{2}}$
4448,20	4	22474,14	$a'3p.{}^2F_{\frac{7}{2}} - a'3d.{}^2F_{\frac{7}{2}}$
4443,04	3	22500,83	$a'3p.{}^2F_{\frac{5}{2}} - a'3d.{}^2F_{\frac{5}{2}}$
2530,30	8	39509,1	$a3p.{}^2D_{\frac{5}{2}} - a'3d.{}^2F_{\frac{7}{2}}$
2517,97	6	39702,5	$a3p.{}^2D_{\frac{3}{2}} - a'3d.{}^2F_{\frac{5}{2}}$

Les combinaisons de $a'3d.{}^2F$ avec $a'3p.{}^2D$ et $a'3p.{}^2F$, de même que celles de $a'3p.{}^2F$ avec $a'3\,dD$ sont justifiées par mes observations de l'effet Zeeman. Quant aux combinaisons de $a'3p.{}^2F$ avec $a'3s.{}^2D$ et avec $a'3d.{}^2G$, dont l'effet Zeeman est troublé par un commencement d'effet Paschen-Back, il suffit de tenir compte de l'apparition des raies enfreignant la règle de sélection des

quantiques internes pour retrouver l'accord entre les effets Zeeman observés et calculés.

D'après cela et en tenant compte des combinaisons avec les termes du système des quadruplets établies par Croze et moi, on trouve pour les termes des doublets identifiés les valeurs

$$a'3p.{}^2F_{\frac{5}{2}} = 54\,635{,}8 \qquad a'3d.{}^2F_{\frac{5}{2}} = 32\,135{,}1 \qquad a'3d.{}^2G_{\frac{7}{2}} = 30\,750{,}2$$
$$a'3p.{}^2F_{\frac{7}{2}} = 54\,612{,}1 \qquad a'3d.{}^2F_{\frac{7}{2}} = 32\,137{,}5 \qquad a'3d.{}^2G_{\frac{9}{2}} = 30\,751.3.$$

Ces termes complètent les groupes des termes du système a' de doublets, qui correspondent aux orbites $3p$ et $3d$ de l'électron émissif.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Détermination des températures de commencement de fusion et de trempe de verres industriels.* Note [1] de MM. **Emilio Damour** et **A. Thuret**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Parmi les modifications que subissent les verres avec la température, deux phénomènes sont industriellement intéressants parce qu'ils commandent le recuit, le commencement de fusion et la trempe.

Le commencement de fusion est une limite à ne pas dépasser si l'on veut éviter les déformations, mais dont il faut se rapprocher pour obtenir un recuit rapide; la température de trempe, à partir de laquelle un verre peut être refroidi brusquement sans se tremper indique la limite où la surveillance d'une arche à recuire peut cesser, sans danger pour la solidité du verre.

1° *Température de commencement de fusion des verres.* — On sait que la dilatation d'un verre présente une anomalie au voisinage de son ramollissement, un accroisement par rapport à ce qu'indiquerait l'extrapolation de la courbe de dilatation du verre solide.

La courbe tracée par le dilatomètre mécanique Chevenard a la forme O, A, B, C, sur laquelle deux températures sont mises en évidence : A point d'inflexion correspondant à l'accroissement de dilatation, c'est-à-dire à un changement d'état, qui doit avoir la précision des constantes physiques; B correspondant à un écrasement de la baguette accusant le commencement de fusion et qui, dépendant d'un effort de compression arbitraire, est entaché d'imprécision.

---

(1) Séance du 17 octobre 1927.

Nous avons vérifié que ces deux données peuvent se confondre, en stabilisant pendant plusieurs heures le four du dilatomètre à une température très voisine (5° à 10°) de la température A. L'affaissement du verre a fini par se produire dès cette température. Donc on peut appeler température de commencement de fusion celle qui est marquée par un accroissement de la dilatation d'un verre et l'on peut la définir par le point A de la courbe du dilatomètre.

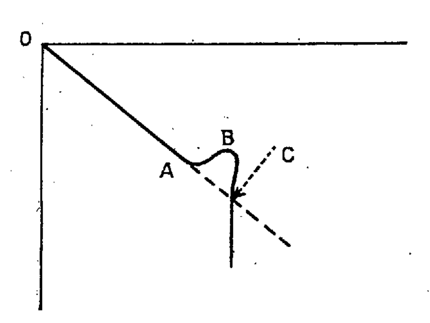


Fig. 1. — Courbe de dilatation d'un verre enregistrée au dilatomètre.

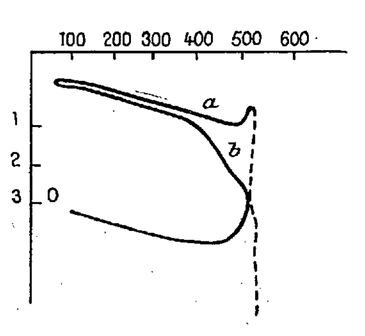


Fig. 2. — Courbes de dilatation d'un même verre trempé ou recuit.

2° *Température de trempe.* — Un verre brusquement refroidi étant solidifié en surface avant que le noyau ait pu se contracter doit être moins dense qu'un verre auquel un refroidissement lent laisse le temps de se retasser; lorsque ce verre trempé est réchauffé au-dessus d'une température diminuant, si peu que ce soit sa viscosité, le retassement devient possible provoquant une contraction linéaire qui vient en déduction de l'allongement dû à la dilatation; de là pour un même verre, recuit ou trempé deux courbes se séparant en un point correspondant au changement de densité du verre, indice d'un commencement de recuit. Or cette température de recuit lent ne diffère pas de la température de trempe; nous avons vérifié cette concordance en déterminant : 1° la température de trempe au moyen de plaquettes refroidies brusquement à des températures décroissantes de 10° en 10° et examinées en lumière polarisée; 2° la température de recuit en déterminant le point de séparation des deux courbes du même verre trempé et recuit. En résumé, nous admettons que le commencement de fusion doit être confondu avec le recuit rapide, tandis que la température de trempe doit être confondue avec le recuit lent; il ne subsisterait donc que deux températures commandant l'opération industrielle du recuit. Ce sont celles qui sont portées sur le tableau résumant nos recherches.

Dilatations moyennes. Températures de trempe et de commencement de fusion de quelques verres industriels ou de synthèse.

Désignation et provenance.	Composition par analyse (A) ou par synthèse (S). SiO^2.	B^2O^3.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	MgO.	CaO.	PbO.	Na^2O.	K^2O.	Éléments secondaires.			Coefficient de dilatation moyen.		Températures de trempe.	Températures de commt de fusion.
Pyrex A	80,40	13,00	1,81	0,49				4,30					0° à 400°	28.10^{-7}	440°	580°
Verre à bouteilles F. A.	62,5		2,7	2,3	5,1	18,2		8,3	0,4			SO^3 0,5	»	81	490	580
Verre à bouteilles D. A.	65,30		6,84	1,18	1,96	11,40		12,24			MnO. 0,22	0,78	»	92	435	550
Verre à bouteilles clair D. A.	71,60		1,98	0,36	2,17	9,40		13,35			0,12	0,88	»	92	395	500
Verre de flaconnage F. S.	77,39					6,13		16,18		Sb^2O^3. 0,19	0,10	As^2O^3. 0,11	»	92		525
Verre de gobeletterie. V. S.	72,82					8,97		17,78		0,18	0,11	0,14	»	98	395	510
Verre de gobeletterie S. S.	76,89					7,17		15,65	0,17		0,10		»	96	360	470
Verre blanc ordinaire S.	54,32	13,58				7,62		19,78	4,70				0 à 350	119	370	480
Verre blanc lithine S.	55,12	13,78				7,72		15,85		Li^2O. 7,53			»	114	350	425
Cristal S.	51,15	1,88					29,99	15,79	1,18				»	117	350	435
Émail blanc S.	40,16	1,47	2,90			7,21	25,50	12,06	2,00	Fl. 7,1		1,0	»	111	350	435
Émail bleu S.	39,84	1,46	2,89			7,15	25,30	11,96	1,99	7,1	CoO. 0,8		»	107	330	435

Verres de thermomètres du commerce étudié au seul point de vue de la température de commencement de fusion, non encore analysés :

Désignation	Coefficient de dilatation moyen.		Températures de trempe.	Températures de commt de fusion.
Verre de Choisy	0 à 400	95	420	540
Verre Omnium	»	92		525
Verre Thermocal	»	91	390	520
Verre vert ordinaire	»	86	450	540
Verre d'Iéna	»	84	400	535
Verre dit aluminate	»	75	470	560
Verre dit borosilicate	»	60	480	590

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur des piles à électrodes inattaquables.* Note (¹) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Paul Janet.

Piles à deux liquides. — Si l'on dissout de la soude dans un mélange d'eau et d'alcool amylique, il se forme après agitation et repos deux couches superposées. En introduisant une électrode en platine dans chacune de ces couches, on obtient une pile d'une force électromotrice d'environ un demi-volt, l'électrode plongée dans la couche supérieure alcoolique étant positive.

On peut remplacer l'alcool par d'autres liquides non miscibles à l'eau, tels que les acides valérianique ou capronique, la force électromotrice étant moindre. On peut également remplacer le platine par d'autres métaux inattaquables ou du charbon.

Piles à liquide unique et à électrodes différentes. — On sait, depuis Volta, qu'on obtient une pile électrique en plongeant deux métaux différents dans un liquide.

On sait aussi que, pour la plus grande part, l'énergie de la pile est empruntée aux réactions chimiques entre liquide et métaux, et qu'il existe en même temps un échange de chaleur avec le milieu extérieur.

Mais si les deux métaux sont inattaquables, tels le platine et l'or dans une solution alcaline? Il semble bien que, dans ce cas, l'énergie développée par la pile est entièrement et indéfiniment empruntée au milieu extérieur, les éléments constituant la pile restant inaltérés.

Je poursuis, depuis quatre ans, des recherches avec des piles à électrodes en platine poli, platine platiné (noir et gris), or, iridium, charbon de cornue, graphite Acheson, charbon de bois, immergées dans des solutions aqueuses de soude caustique et de carbonate de potassium.

Dans ces recherches, comme dans celles communiquées dans une Note précédente et relatives à des *piles formées d'électrodes identiques mais inégalement immergées*, je n'ai observé aucune variation du poids des électrodes ou de l'aspect de leur surface, quand les piles sont traversées par des courants. Les caractéristiques de ces piles — ainsi que des piles à deux liquides décrites plus haut — sont en tout analogues à celles des piles décrites dans la Note précédente : ordre de grandeur des f. é. m. et des quantités d'électricité débitée pour une polarisation donnée; polarisation rapide et presque

(¹) Séance du 31 octobre 1927.

complète; retour lent de la f. é. m. à sa valeur initiale; absence de fatigue; etc.

Une façon commode d'expérimenter est la suivante : Les électrodes sont généralement formées de lames rectangulaires de quelques centimètres de côté et sont attachées à des tiges formées du même métal que l'électrode respective. Un cristallisoir de dimensions suffisantes contient le liquide; il est couvert par un couvercle en verre, à travers lequel, par de courts tubes en caoutchouc, passent les tiges des électrodes qui plongent dans le liquide. Les tubes en caoutchouc permettent une fermeture étanche, l'agitation commode des électrodes et leur déplacement vertical afin de varier leur immersion.

Chaque groupe de deux électrodes constitue une pile dont on peut mesurer la f. é. m.; le courant débité sur différentes résistances; la polarisation; la variation de la f. é. m. avec l'immersion plus ou moins grande des électrodes ainsi qu'avec leur agitation; etc. Pour les électrodes très polarisables, un galvanomètre sensible et l'emploi d'une méthode d'opposition pour la mesure de la f. é. m. sont indispensables.

Il est commode de prendre les potentiels des diverses électrodes par rapport à l'une d'entre elles — l'électrode en platine platiné noir par exemple — dont le potentiel est le plus bas dans la solution de soude.

Les potentiels dépendent, non seulement de la matière dont sont formées les électrodes, mais aussi, et dans une très grande mesure, du traitement physique ou chimique qu'elles ont subi et qui a déterminé l'état de la surface. Les électrodes — après leur immersion — prennent très lentement leur potentiel définitif, il faut attendre plusieurs jours avant de le voir établi.

Il est à remarquer que si l'on range par ordre de grandeur les potentiels des diverses électrodes, cet ordre n'est pas le même quand on passe d'un liquide à l'autre. Dans la solution de soude, par exemple, l'or se trouve *au-dessus* du platine poli de $\frac{15}{100}$ de volt; dans la solution de carbonate de potassium, l'or se trouve *au-dessous* du platine de $\frac{2}{100}$ de volt.

L'agitation des électrodes fait baisser le potentiel par rapport à l'électrode en platine platiné noir; il en résulte que si l'on constitue une pile avec deux électrodes quelconques, l'agitation de l'électrode positive diminue la f. é. m. de la pile et l'agitation de l'électrode négative l'augmente.

Si l'on peut admettre que l'agitation d'une électrode tend à égaliser son potentiel à celui du liquide, on en déduit que les potentiels de toutes les électrodes sont positifs par rapport au liquide.

Influence des gaz dissous. — Le liquide de toutes les piles décrites dans cette Note et dans la Note précédente est surmonté d'air à la pression atmosphérique. Si l'on extrait l'air de la pile ou si on le remplace par

l'hydrogène, la f. é. m. se réduit à une valeur très petite. Si l'on remplace l'air par l'oxygène la f. é. m. ne varie pas sensiblement.

A titre d'exemple : Une pile formée d'électrodes en platine platiné noir et en graphite Acheson, plongeant dans une solution saturée de soude, a une f. é. m. de 0,450 volt. En extrayant l'air, la f. é. m. baisse graduellement, arrive au bout de 3 mois à 0,001 volt et se maintient à cette valeur pendant 6 mois, au bout desquels on laisse entrer l'air; la f. é. m. remonte en quelques minutes à 0,100 volt et dans les 10 jours suivants à 0,450 volt, valeur à laquelle elle se maintient.

RADIOACTIVITÉ — *Radioactivité des sources thermales des Bains d'Hercule* (*Roumanie*). Note (1) de M. **G. Athanasiu**, présentée par M. A. Cotton.

Les Bains d'Hercule, situés dans la vallée de la Cerna, dans le Banat, comptent un grand nombre de sources minérales chaudes dont on a signalé déjà la radioactivité (2).

Les nombres donnés par les auteurs cités étant très discordants, j'ai repris durant l'été 1927 la mesure de la radioactivité de ces sources.

Les mesures ont été faites sur place avec des appareils transportables (électromètre à chambre d'ionisation de H. W. Schmidt). J'ai employé la méthode de circulation. L'eau était reçue, avec tous les gaz qu'elle contient, dans des flacons en verre préalablement évacués d'air. L'appareil était étalonné à l'aide de solutions de radium étalon.

Ces mesures ont donné les résultats suivants :

1° Les sources de la station même ont une radioactivité comprise entre 0,24 millimicrocuries (source Elisabeta) et 4,73 millimicrocuries au litre environ (source Hygea). La température de ces sources est comprise entre 30° C. (source Dragalina) et 55°,5 C. (Izvorul de Ochi). La source *Hercule*, dont la radioactivité moyenne est de 1,09 m.μ.c., doit être particulièrement mentionnée pour son très grand débit qui a été évalué à 160000^{l} par heure. Il est à remarquer que la température de cette source ainsi que sa radioactivité subissent des variations qu'on peut mettre en liaison avec les précipitations atmosphériques.

2° Outre les sources précédentes situées dans la station même, il existe deux groupes d'autres sources chaudes à 4^{km} environ vers le Nord, à l'endroit

(1) Séance du 31 octobre 1927.

(2) G. Weszelszky, *Földtani-Közlony*, 44, 1914, p. 535. — Loisel et Michaïlesco, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1054.

appelé Sept Sources : les unes sur la rive gauche et les autres sur la rive droite de la Cerna.

L'analyse chimique, ainsi que la recherche de la radioactivité de ces sources, n'avaient pas été entreprises jusqu'à présent.

a. Les sources de la rive gauche jaillissent du flanc de la paroi granitique, tout près de la route venant des Bains d'Hercule. On peut compter 5 sources de plus grand débit ainsi que plusieurs sources plus faibles. Toutes ces sources montrent la même radioactivité de 2,4 m. μ. c. au litre et ont aussi la même température de 43°,2 C. Ceci indique que l'on est en présence d'une même source thermale radioactive qui émerge en plusieurs endroits à travers la roche. Le débit de la source la plus abondante peut être estimé à 1^l environ par seconde.

b. Les sources de la rive droite se trouvent à 200^m environ en amont des précédentes. Elles sont situées dans le lit même de la rivière de sorte qu'elles sont inondées durant la période des grandes eaux. Certaines de ces sources sont même perpétuellement couvertes par l'eau de la rivière. La température de ces sources est comprise entre 44° et 55°,5 C.; *elles sont très radioactives :* ainsi la source qui est la plus chaude (55°,5) est aussi plus abondante que les autres (2 à 3^l par seconde) et *et possède une radioactivité de* 22 m. μ. c. environ pour 1^l d'eau à l'émergence. Les autres sources ont une radioactivité moindre comprise entre 12 et 21 m. μ. c. La source la moins chaude montre aussi la plus faible radioactivité, ce qui permet de supposer que, dans ces sources moins radioactives, l'eau chaude et radioactive est mélangée avec des eaux superficielles.

Vu la grande radioactivité, la haute température et le débit appréciable de ces sources, il serait à souhaiter qu'elles soient captées et utilisées dans des buts thérapeutiques.

3. L'origine de la radioactivité des sources des Bains d'Hercule doit être attribuée à la présence du massif granitique qui se trouve dans la région. Ce massif s'épanouit au nord de Sept sources sur la rive droite de la Cerna, il traverse cette rivière à Sept sources et en même temps se rétrécit pour disparaître sous le lit de la Cerna au niveau de la source Hercule.

Ne sont radioactives que les sources dont on peut démontrer le contact direct avec ce massif de granite.

En général l'eau chaude des sources radioactives s'élève en suivant des failles existant entre le granite et les autres formations de la région et quelquefois même, sur des distances plus faibles, cette eau chemine directement à travers le granite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les propriétés optiques de la sulfonecyanine dans différentes solutions salines et leur application à la comparaison des sels.* Note ([1]) de M. **Fred Vlès** et M[lle] **Madeleine Gex.**

Nous avons vu ([2]) que le virage de certaines matières colorantes sous l'effet de solutions salines neutres met en jeu un équilibre caractérisé par un *indice de massivité* du colorant, et dans lequel on peut penser qu'intervient directement ou indirectement, la concentration du sel. Pour préciser cette relation, nous avons étudié spectrophotométriquement un même colorant (sulfone- cyanine 5R) dans toute une série de sels, suivant le procédé déjà utilisé pour KCl; on a établi les fonctions $\varphi = f(pX)$, pX étant les cologarithmes des concentrations moléculaire des sels.

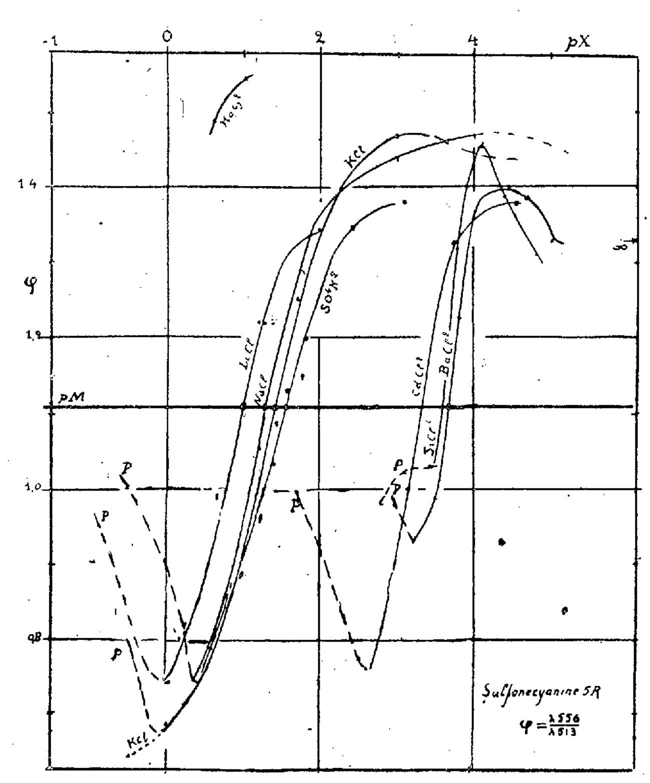
Les courbes (se reporter à la figure) se sont trouvées sensiblement de la même forme que celles de KCl, mais avec des caractéristiques individuelles; en particulier, les courbes se déplacent dans l'échelle des pX, et la position du demi-virage (pM) est spécifique de chaque sel; de plus le facteur a' a la même valeur 1 dans les sels monovalents étudiés, mais diffère de 1 dans les divalents. Par contre les courbes des différents sels n'ont pas la même longueur, du fait que des limites inégales sont imposées, soit par l'apparition du début de précipitation, lequel déforme une extrémité de la courbe; soit à l'autre extrémité par des irrégularités de solutions très diluées, tenant à l'apparition d'un second équilibre. Pour certains sels ($HgCy^2$), la saturation de la solution ne permet pas d'atteindre le développement complet de la courbe, limitée à une toute petite branche.

Quelle que soit la transformation moléculaire (formation de tautomères, polymérisations, apparition ou changement d'état colloïdal, etc.) imposée à la matière colorante, si l'on prend comme test de comparaison son demi-virage, dans la limite où l'on peut admettre que le constituant initial reste identique, on peut supposer en première approximation que cet équilibre est déterminé dans les diverses solutions par un certain facteur constant. Cependant ni l'activité (activité moyenne des ions $a_{\pm} = \gamma X (\nu_+^{\nu+} \nu_-^{\nu-})^{\frac{1}{\nu}}$ calculée d'après les valeurs du coefficient d'activité γ des tables de Lewis et Randall), ni la force ionique ρ des sels dissous ne se sont montrées de

([1]) Séance du 26 septembre 1927.

([2]) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 644.

valeurs même approximativement constantes ; l'une et l'autre décroissant quand les virages s'éloignent vers les faibles concentrations (Tableau A). Pourtant la sériation régulière de ces diverses données donne à croire



Virages de la sulfonecyanine dans divers sels concentrés $\varphi = f(pX)$.

que les virages de l'indicateur sont manifestement liés à l'activité du sel, quoique cette liaison n'apparaisse pas comme directe.

		Li Cl.	Na Cl.	KCl.	SO^4K^2.	$SrCl^2$.	$CdCl^2$.	$BaCl^2$.
A	pM (demi-virage)....	1,00	1,30	1,42	1,55	3,59	3,31	3,65
	$a_{\pm}$ (activité).........	$8,04.10^{-2}$	$4,22.10^{-2}$	$3,25.10^{-2}$	$0,24.10^{-2}$	$3,72.10^{-4}$	$6,59.10^{-4}$	$3,27.10^{-4}$
	ρ (force ionique).....	0,10	$5,02.10^{-2}$	$3,80.10^{-2}$	$8,32.10^{-2}$	$7,42.10^{-4}$	$1,48.10^{-3}$	$6,61.10^{-4}$
B	μ (coeffic[t] de massivité)	0,38	0,76	(1)	1,34	150	77	170
	$p\mu = -\log\mu$.........	+0,42	+0,12	(0)	−0,13	−2,18	−1,89	−2,23
	$p\gamma - \frac{1}{\nu}\log(\nu_+^{\nu+}\nu_-^{\nu-}) - p\gamma_{KCl}$ (coefficient d'activité relatif à KCl)......	0,027	0,007	(0)	−0,029	−0,230	−0,197	−0,239

Dans ces conditions, il est plus commode d'opérer empiriquement, par l'introduction d'un coefficient (*massivité du sel* par rapport à l'indicateur étudié) permettant de représenter une action constante de celui-ci, au moment où l'équilibre des formes A et B de l'indicateur passe par la condition $A = B$; on est conduit à exprimer une loi de masses

$$\frac{\mu X \times A}{B} = \text{const.}, \tag{2}$$

X étant la concentration moléculaire du sel et μ un coefficient empirique indiquant la portion de X qui prend part effectivement à l'équilibre. Aux divers demi-virages du même indicateur dans les divers sels, on aurait alors $pM_1 + p\mu_1 = pM_2 + p\mu_2 = \ldots = pM_n + p\mu_n$.

Si l'on prend arbitrairement l'un des sels (par exemple KCl) comme étalon de référence $\mu = 1$, on peut attribuer aux divers sels des cotes analogues à celles portées au tableau précédent (B); ces cotes varient dans le sens des coefficients d'activité exprimés relativement à KCl, mais sans proportionnalité générale rigoureuse.

En comparant l'expression (2) relative aux différents sels au demi-virage, avec la loi d'équilibre individuelle de l'indicateur dans chacun d'eux, on voit que celle-ci pourrait n'être qu'un cas particulier de la première :

$$pX = pM_0 - p\mu + a' \log \frac{\varphi K'_2 - K_2}{K_1 - \varphi K'_1}.$$

(pM_0 = const. du KCl pris comme étalon).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension superficielle des solutions aqueuses d'acides.* Note [1] de M. L. **Abonnenc**, transmise par M. Jean Perrin.

La méthode de mesure relative des tensions superficielles, basée sur la comparaison du poids des gouttes formées à l'extrémité d'un tube cylindrique, donne, ainsi que je l'ai montré, des résultats précis dans le cas de liquides de propriétés physiques voisines [2]. C'est le cas des solutions aqueuses de sels, acides, bases, dont la concentration n'est pas trop élevée. Les poids p et p' des gouttes d'eau pure et de solution, sur lesquels doit porter la comparaison, sont ceux qui correspondent à une fréquence de for-

---

[1] Séance du 1er août 1927.
[2] *Ann. de Phys.*, 10e série, 3, 1925, p. 184.

mation des gouttes nulle. Ces poids se déterminent en construisant expérimentalement, pour des valeurs peu élevées de la fréquence N, les courbes $p = f(N)$ relatives à l'eau et aux solutions. Avec des tubes de diamètre intérieur assez grand, la portion de ces courbes voisine de l'origine est une droite; le tracé de cette droite fournit une excellente vérification des résultats.

J'indiquerai les résultats relatifs aux solutions d'*acides forts* obtenus par cette méthode; les expériences ont été réalisées à la température de 21°.

Alors que la tension superficielle des solutions aqueuses de sels augmente en même temps que la concentration (sauf pour des sels comme $HgCy^2$ dont l'*ionisation* est presque nulle), la loi de variation de la tension superficielle des solutions d'acides forts est différente pour les acides mono et polybasiques.

Les solutions des acides *monobasiques* HCl, HBr, HI, AzO^3H, ClO^4H, CCl^3, COOH ont toutes une tension superficielle qui diminue lorsque la concentration τ augmente. Tant que celle-ci reste faible, inférieure à 0,2 environ, la variation $A - A'$ de la tension superficielle est représentée de façon suffisamment exacte par la formule

$$A - A' = A(1 - K\tau) \quad \text{ou} \quad A - A' = A(1 - k\tau_m);$$

τ_m est la concentration moléculaire $\left(\tau_m = \frac{\tau}{M}, \text{ M masse moléculaire de l'acide}\right)$.

Les valeurs de la constante k sont : 0,00380 pour AzO^3H; 0,00372 pour HCl; 0,00367 pour ClO^4H; elles sont sensiblement égales. Les acides HBr, HI donnent des nombres de même ordre, toutefois les résultats obtenus sont moins nets.

La tension superficielle des solutions d'acides *polybasiques* (SO^4H^2, $SiFl^6H^2$, PO^4H^3) varie avec τ suivant une loi plus compliquée, comme le montrent les nombres du tableau ci-dessous, donnant les valeurs de $m = \frac{A' - A}{A}$:

	$\tau.10^2$	4.	12.	20.	30.	40.	50.	60.	80.
$m.10^4$	SO^4H^2	-5	46	132	256	352	336	80	»
	$SiFl^6H^2$	-8	5	50	158	360	»	»	»
	PO^4H^3	40	170	290	422	550	642	680	540

La tension superficielle de SO^4H^2 et PO^4H^3 passe nettement par un

maximum; les mesures faites avec $SiFl^6H^2$ n'ont pu être poussées assez loin pour observer ce maximum.

Ces résultats, et ceux relatifs aux solutions salines, conduisent à la conclusion intéressante suivante : *Seuls parmi tous les ions* (*sauf peut-être les ions* OH^-) *les cations* H^+ *abaissent la tension superficielle de l'eau.*

Cette conclusion est d'accord avec l'*adsorption sélective* présentée par ces ions; elle rend compte simplement de la diminution de A dans les solutions d'acides monobasiques.

L'allure de la courbe $m = f(\tau)$ des solutions d'acides polybasiques s'explique aussi très bien dans cette hypothèse, en tenant compte : 1° du rôle considérable que joue dans l'adsorption des ions la *valence* des ions adsorbés, qui fait que les anions tels que SO^{4--} peuvent l'emporter sur les ions H^+ [cette influence de la valence résulte de nombreuses expériences; elle a été expliquée par Freundlich. J'ai résumé ce qui concerne cette question dans un article paru dans la *Revue générale des Sciences* en 1926 (*Le rôle de l'adsorption dans la chimie des colloïdes*)]; 2° du fait que, pour des concentrations élevées, l'influence des molécules de l'acide devient prépondérante et tend en général à abaisser la tension superficielle.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système iodure mercurique, iodure de potassium et eau.* Note (1) de Mlle **M. Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

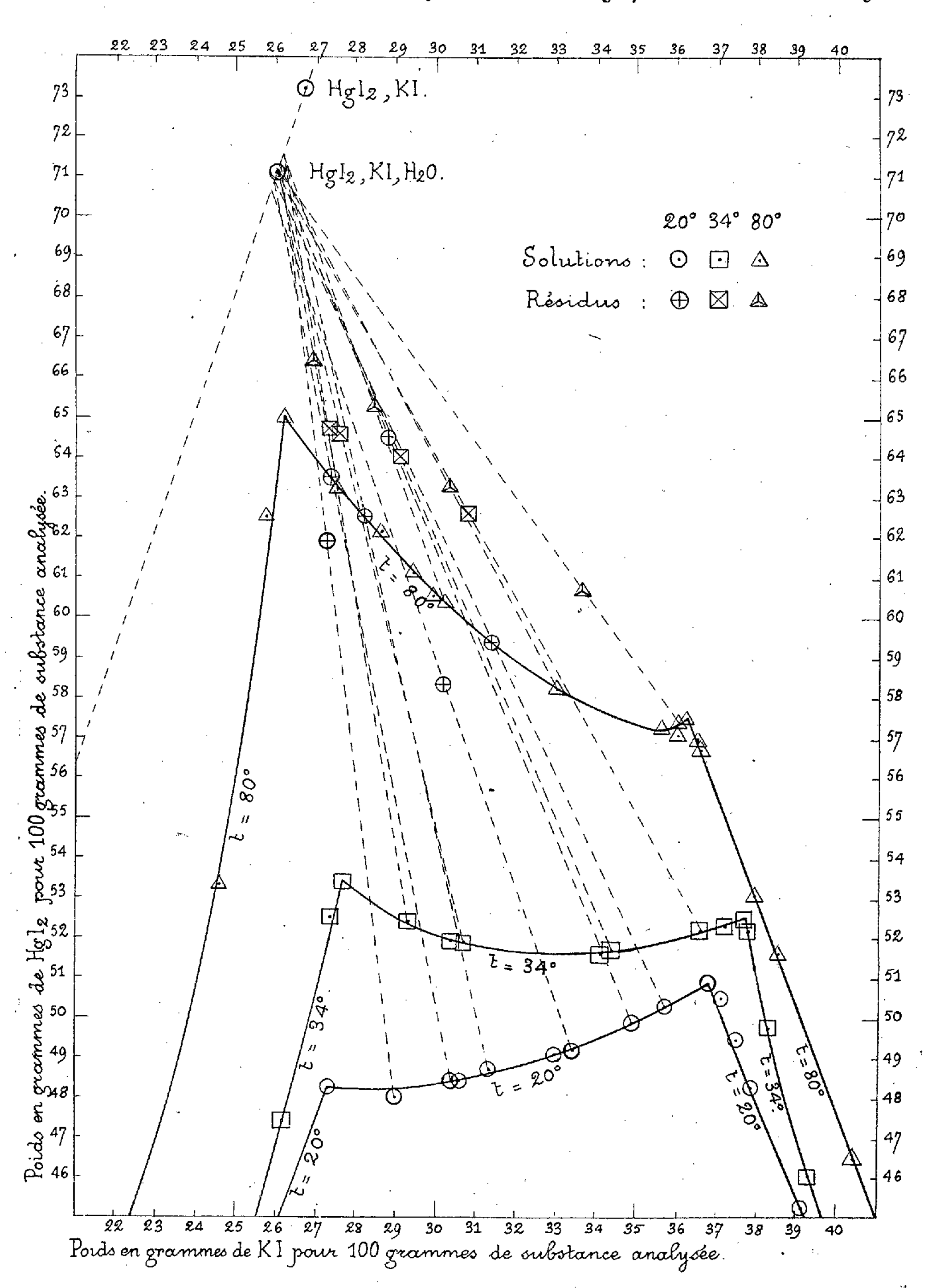
J'ai étudié les équilibres solide-liquide dans le système iodure mercurique, iodure de potassium et eau, aux températures constantes de 20°, 34° et 80°.

Les résultats obtenus en employant la méthode de Schreinemakers sont résumés dans le diagramme ci-contre. Ils indiquent l'existence d'une seule espèce cristalline représentée par la formule

$$HgI^2, KI, H^2O.$$

Ce sel a été étudié par Pawlow (2) et indiqué par Dunningham (3).

(1) Séance du 31 octobre 1927.
(2) Pawlow, *J. Soc. Ch. russe*, 32, 1900, p. 732.
(3) Dunningham, *J. Ch. S.*, 105, 1914, p. 370.


HgI_2, KI.
HgI_2, KI, H_2O.
20° 34° 80°
Solutions :
Résidus :
t = 80°
t = 34°
t = 20°
Poids en grammes de HgI_2 pour 100 grammes de substance analysée.
Poids en grammes de KI pour 100 grammes de substance analysée.

Bonsdorf (1), Boullay (2) et Berthemot (3) ont préparé un sel dont la composition, d'après leurs analyses, correspond sensiblement à la formule

$$HgI^2, KI, \frac{3}{2} H^2O.$$

Ce même sel a été indiqué par Clayton (4) et par François (5).

Je ne l'ai pas retrouvé entre 20° et 80°. Mais si l'on tient compte de la difficulté de séparer les cristaux d'iodomercurate de leurs eaux mères, et par suite de faire des dosages précis de l'eau, on peut penser que ce sel n'est pas différent de l'hydrate HgI^2, KI, H^2O.

Je n'ai pas obtenu le sel anhydre HgI^2, KI mentionné par Dunningham (6).

Dunningham a déterminé les isothermes de 20° et de 30°; il a employé la méthode de Schreinemakers et il a conclu à l'existence de deux sels cristallisant dans l'eau à 20° et à 30° : l'hydrate HgI^2, KI, H^2O et le sel anhydre HgI^2, KI.

Mais si l'on représente graphiquement les résultats des mesures de Dunningham, on constate que ses analyses ne sont ni assez nombreuses (une seule à 20° pour l'hydrate HgI^2, KI, H^2O), ni assez précises pour justifier ses conclusions.

Je n'ai pas trouvé non plus le sel HgI^2, 2KI (7) ni son hydrate HgI^2, 2KI, $2H^2O$ signalés comme cristallisant dans les solutions aqueuses, le premier par Boullay (8) et par Thomson et Bloxam (9), le second par Pawlow (10). D'ailleurs Boullay remarque que le sel HgI^2, 2KI a l'aspect d'une masse jaunâtre, sans forme cristalline définie, et Souville (11) comme Labouré (12) nient l'existence de ce sel. D'autre part, Pawlow, qui n'indique

---

(1) Bonsdorf, *An. Ch. Ph.*, 2e série, **34**, 1827, p. 146.

(2) Boullay, *An. Ch. Ph.*, 2e série, **34** 1827, p. 343.

(3) Berthemot, *J. Pharm. Ch.*, 2e série, **14**, 1828, p. 185.

(4) Clayton, *Ch. N.*, **70**, 1894, p. 102.

(5) François, *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 959.

(6) Dunningham, *loc. cit.*

(7) J'ai obtenu ce sel cristallisé dans les solutions acétoniques (Mlle M. Pernot, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1154).

(8) Boullay, *loc. cit.*

(9) Thomson et Bloxam, *J. Ch. Soc.*, **41**, 1882, p. 379.

(10) Pawlow, *loc. cit.*

(11) Souville, *J. Pharm. Chim.*, 2e série, **26**, 1840, p. 474.

(12) Labouré, *J. Pharm. Chim.*, 3e série, **4**, 1843, p. 329.

pas la forme cristalline de l'hydrate HgI^2, $2KI$, $2H^2O$, fait observer que cet hydrate n'a pas de point de fusion déterminé. Il y a donc lieu de penser que les substances dont l'analyse a conduit aux formules ci-dessus sont des mélanges du sel HgI^2, KI, H^2O avec l'iodure de potassium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Mesure de l'oxydabilité de l'aluminium et de ses alliages industriels après activation par le bichlorure de mercure.* Note [1] de M. **Ch. Quillard**, présentée par M. J.-L. Breton.

On sait depuis longtemps qu'en mettant une lame d'aluminium dans une solution de bichlorure de mercure pendant quelques minutes, et l'exposant ensuite à l'air, cette lame se recouvre bientôt d'efflorescences plus ou moins abondantes.

En opérant avec divers aluminiums ou alliages courants on observe, en se plaçant dans des conditions identiques, que le phénomène présente, suivant le métal employé, des intensités très différentes; cette activation du métal sous l'action du mercure, très grande avec certains métaux, est pour ainsi dire nulle avec d'autres.

Nous avons été amené à étudier ce phénomène en détail et à le mesurer avec une certaine précision par une méthode calorimétrique dont la très grande chaleur de formation de l'alumine favorise l'emploi.

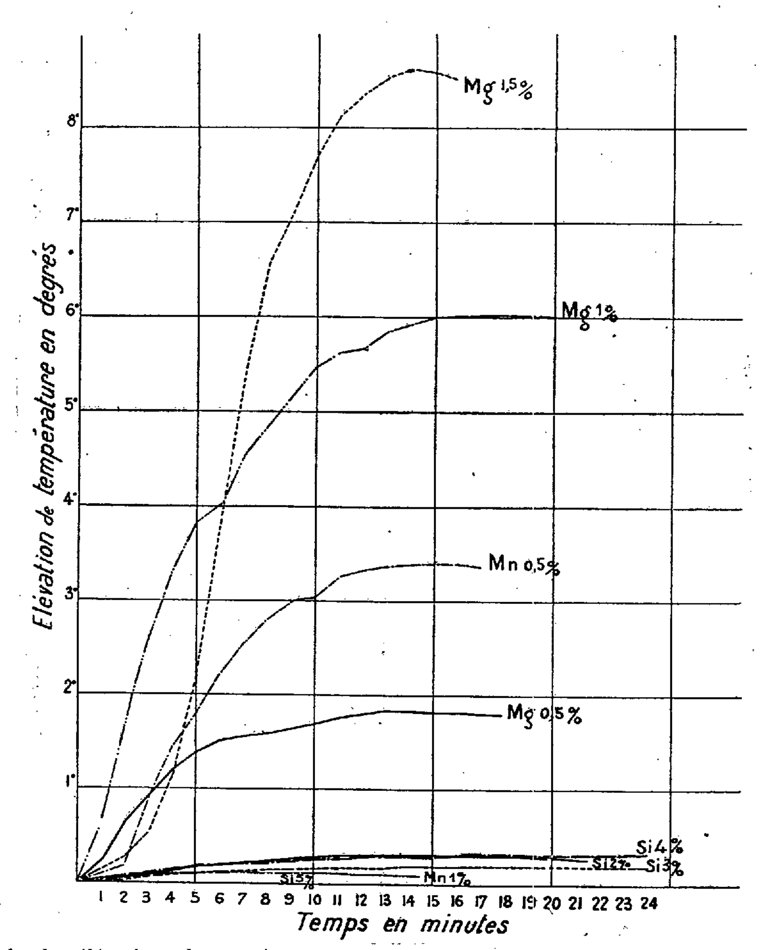
Si l'on maintient une éprouvette d'aluminium dans une solution de bichlorure de mercure au millième pendant 10 minutes, qu'on la lave à l'eau distillée d'une façon parfaite par siphonage, qu'on la sèche rapidement et qu'on la plonge dans un vase de Dewar maintenu dans une enveloppe de calorimètre, on peut, à l'aide d'un dispositif expérimental facile à réaliser, observer très exactement la courbe d'élévation de température qui se produit au bout de quelques instants, dans des conditions suffisamment comparables.

Déjà pendant l'action du bichlorure de mercure, en faisant agir celui-ci dans le vase de Dewar, on observe des élévations de température variables suivant les métaux employés. C'est ainsi qu'avec des lames ayant 170^{mm} de hauteur et 85^{mm} de largeur, on a observé les élévations de température suivantes, le volume de solution étant de 200^{cm^3} :

(1) Séance du 31 octobre 1927.

	Nature du métal.	Élévation maxima de température observée.
A	Aluminium	1°,78
D	Duralumin	0°,77
G.	Alugir	0°,45
F.	Alférium	0°,24

Quand, l'équilibre de température étant réalisé et après élimination de la solution mercurique, on introduit de l'eau oxygénée dans le vase de Dewar, on observe avec les divers métaux une élévation de température générale-



Courbe des élévations de températures par oxydation à l'air des alliages de Al activés.

ment beaucoup plus grande que celle observée dans les conditions ci-dessus indiquées et très variable avec les divers métaux employés.

Mais c'est surtout en provoquant l'oxydation dans le vase de Dewar au contact de l'air qu'on observe les différences les plus grandes avec les divers échantillons.

On s'est assuré qu'avec un même produit les élévations de température étaient sensiblement proportionnelles aux surfaces des échantillons mis en œuvre.

Avec les métaux ci-dessus, on a observé les élévations de température ci-dessous (éprouvettes de 55^{cm^2} de surface) :

Aluminium	7°,46
Duralumin.................	0°,19
Alugir	0°,24
Alférium	0°,26

Avec une série de barreaux d'alliages divers de 8^{mm} de diamètre et 100^{mm} de longueur, on a obtenu les courbes ci-dessous montrant les élévations de température en fonction du temps :

Les quantités d'alumine formées à la surface des barreaux apparaissent bien proportionnelles aux élévations de température.

Pour les alliages au manganèse, plus la teneur augmente moins on observe d'alumine formée.

Pour le silicium l'attaque est, pour l'ensemble, assez faible et les différences observées peu accusées.

Par contre pour le magnésium l'attaque croît régulièrement avec la quantité de ce métal ajouté à l'aluminium.

On observe que le maximum d'échauffement dans les conditions des expériences est atteint assez exactement au bout du même temps quoique cet échauffement maximum varie suivant les divers alliages dans des limites très étendues.

Ces phénomènes semblent pouvoir servir de base à des méthodes rapides de différenciation des alliages au point de vue de leur corrodabilité, dont nous poursuivons l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme des réactions accompagnant la formation de l'huile de Cadet.* Note [1] de MM. **Amand Valeur** et **Paul Gailliot**, présentée par M. Charles Moureu.

La liqueur fumante arsenicale de Cadet, obtenue en chauffant l'acide arsénieux et l'acétate de potassium, a l'aspect, lorsqu'elle sort de l'appareil qui sert à la préparer, d'une huile noirâtre, spontanément inflammable à l'air. Abandonnée à elle-même, dans un récipient hermétiquement clos, cette huile se sépare en un liquide et un produit noir constitué par de l'arsenic et un polymère noir du méthylarsenic [2]. Le liquide supérieur devient alors le siège de transformations spontanées, qui se manifestent par l'apparition d'un produit rouge brique. Ce dernier, se maintient d'abord en suspension dans le liquide, puis tombe à son tour au fond du récipient. Au bout de quelques semaines, le liquide s'éclaircit, devient transparent et présente une coloration jaune paille. Ce liquide a fait l'objet d'une étude spéciale, au cours de laquelle nous avons démontré sa complexité [3].

En opérant une filtration de l'huile de Cadet à l'abri de l'air, nous avons réussi à isoler le produit rouge brique en question et montré qu'il est constitué par un polymère nouveau du méthylarsenic.

Au cours de cette étude, nous avons été ainsi amenés à préciser nos connaissances sur le méthylarsenic. Nous avons préparé celui-ci par la méthode d'Auger [4] au moyen de l'acide méthylarsinique et de l'acide hypophosphoreux. Nous avons obtenu pour ce composé un point d'ébullition de 190° sous 5^{mm} de pression alors qu'Auger a indiqué 190° sous 15^{mm}. Nous lui avons trouvé une densité de 2,159 à 15° et un point de fusion de +10°. On lui attribue la formule $(CH^3As)^5$ (Steinkopf). Nous avons fait l'observation nouvelle, que ce composé se polymérise spontanément en donnant naissance au produit rouge brique rencontré dans la liqueur de Cadet.

Lorsqu'on soumet à la température de 200-250° le méthylarsenic (Éb. 190° sous 5^{mm}) en tube scellé pendant plusieurs heures, il se décompose complètement en donnant de l'arsenic, du cacodyle et de la triméthylarsine. Nous avons remarqué, d'autre part, que le cacodyle pur

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) Dehn et Wilcox, *Am. Chem. Journ.*, 35, 1906, p. 1.

(3) Valeur et Gailliot, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 779.

(4) Auger, *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 1705.

(Éb. 163°; densité à 15°, 1,447), chauffé en tube scellé vers 200-250°, donne naissance à de la triméthylarsine et à de l'arsenic. Nous avons déduit de ces expériences que la pyrogénation du méthylarsenic, conduisait aux transformations suivantes :

$$(\text{I}) \qquad 4(CH^3As) \rightarrow 2As + [(CH^3)^2As]^2 \rightarrow [CH^3As] + (CH^3)^3As.$$

On est ainsi amené à penser que le méthylarsenic, dont nous avons constaté la présence dans l'huile de Cadet, joue le rôle de générateur des composés arséniés volatils contenus dans celle-ci. Le méthylarsenic, en effet, par les réactions (I), conduit au cacodyle et à la triméthylarsine en proportions variables. On s'explique aussi la formation des produits à point d'ébullition élevé que nous avons décrits (*loc. cit.*). Ceux-ci proviendraient de la soudure d'une ou plusieurs molécules de triméthylarsine à un ou plusieurs radicaux méthylarsenic suivant les réactions :

$$(\text{II}) \qquad \left\{ \begin{array}{l} 2(CH^3)^3As + AsCH^3 = (CH^3)^7As^3; \\ (CH^3)^3As + 2\,AsCH^3 = (CH^3)^5As^3. \end{array} \right.$$

La présence de l'oxyde de cacodyle dans l'huile de Cadet tiendrait son origine soit de la réaction classique suivante :

$$4CH^3COOK + As^2O^3 = [(CH^3)^2As]^2O + 2CO^3K^2 + 2CO^2,$$

soit d'une oxydation accidentelle du cacodyle.

Par analogie, nous proposons, pour expliquer la présence du méthylarsenic, la réaction de l'acétate de potassium sur le sous-oxyde d'arsenic, ce dernier provenant d'une réduction de l'acide arsénieux

$$2CH^3COOK + As^2O = 2(CH^3As) + CO^3K^2 + CO^2.$$

Conclusion. — Il résulte de cet exposé que la pyrogénation de l'acétate de potassium et de l'acide arsénieux conduit à la formation d'un mélange complexe dont le méthylarsenic serait un générateur. Celui-ci, par pyrogénation, donnerait naissance à des composés plus ou moins méthylés qui tendent, sous l'action de la chaleur, à se résoudre en l'espèce la plus volatile de la série, la triméthylarsine et en l'espèce la moins volatile, l'arsenic.

Nous donnons ci-après la composition moyenne et quelques propriétés des substances trouvées dans la partie liquide de l'huile de Cadet.

Composants.	Proportion centésimale.	Points d'ébullition.	Point de fusion.	Densité.	Inflammabilité.
Triméthylarsine	2,6	50° s 760^{mm}	incongelable à — 80°	1,144	non spontanément inflammable
Oxyde de cacodyle	40	150° s. 760^{mm}	— 57°	1,486	»
Cacodyle	55,9	163° s. 760^{mm}	— 5°	1,447	très spontanément inflammable
Hepta et pentaméthyltriarsine $(CH^3)^7As^3+(CH^3)^5As^3$	1,3	115°-120^{mm} s 5^{mm}	Très visqueux à — 80°	1,647	non spontanément inflammable
Méthylarsenic	0,2	190° s 5^{mm}	+ 10°	2,159	peu inflammable spontanément à froid

GÉOLOGIE. — *Charriages antéstéphaniens dans le substratum de terrains cristallins du Grand Sillon Houiller du Plateau Central français.* Note [1] de M. E. RAGUIN, présentée par M. Pierre Termier.

La partie sud-ouest du Plateau Central français est constituée de schistes cristallins, d'âge indéterminé, au milieu desquels affleurent de grands massifs de granite généralement porphyroïde. Ces terrains supportent les dépôts stéphaniens du *Grand Sillon Houiller*, zone synclinale étroite et rectiligne sur plus de 200^{km}, englobant un chapelet de petits bassins houillers plissés avec intensité à l'époque permienne. Dans ces mouvements orogéniques, ont été impliqués des lambeaux de nappes de charriages antestéphaniennes; en d'autres termes, les terrains cristallins du substratum du Sillon consistent en une série très complexe d'assises ayant joué les unes par rapport aux autres, suivant des surfaces de charriage. Les charriages, dont l'amplitude est inconnue, quoique certainement supérieure à plusieurs kilomètres, ont eu lieu longtemps avant la phase de plissements permiens.

A l'extrémité méridionale, dans le bassin de Decazeville, les plissements permiens sont moins intenses que dans le reste du Sillon Houiller, et l'on peut discerner plus facilement les vestiges de la Tectonique antérieure. Au bord ouest de ce bassin, un petit massif de granite émerge du Nord au Sud sous les micaschistes. Le granite et les micaschistes sont constamment mylonitiques au voisinage de leur contact, parfois sur plus de 50^{m} d'épaisseur.

Dès qu'on s'éloigne du contact, le granite devient sain et les micaschistes deviennent tranquilles et monotones. Autour du village de Mauquies les

(1) Séance du 31 octobre 1927.

micaschistes forment un lambeau de recouvrement posé sur le granite. La fenêtre, montrant le granite sous les micaschistes charriés, a plusieurs kilomètres d'étendue. La surface de charriage est gauchie en voûte Nord-Sud. A l'Est, elle disparaît sous le terrain houiller. A l'Ouest, elle plonge sous des micaschistes très épais; ils englobent le massif granitique de Peyrusse, et paraissent affectés de plis Nord-Sud subordonnés à la zone broyée d'Argentat, cette grande surface de charriage découverte par M. G. Mouret ([1]).

Suivons le Sillon Houiller vers le Nord. De Maurs à Boisset, il est très plissé. On voit les affleurements de plusieurs surfaces de charriage parallèles au Sillon, placées du côté Est, au bord du granite et dans les micaschistes. On ne peut préciser s'il s'agit de plusieurs surfaces distinctes ou d'une seule reployée. Au delà, à la latitude de Laroquebrou, la structure se simplifie. Une seule surface de charriage, prolongeant la plus occidentale des précédentes, court au bord est du Sillon. Plus au Nord, sous le bassin de Champagnac, la structure redevient complexe, avec des écrasements des deux côtés. La disposition des terrains suggère une nappe unique de micaschistes, charriés indifféremment sur le granite ou le gneiss normalement lié à ce granite.

Ces charriages sont *antérieurs au dépôt du Stpéhanien*. En plusieurs points fort distants, j'ai trouvé des galets de mylonite dans le poudingue sédimentaire houiller; ou bien noté le contraste des couches de Houiller en bancs réguliers, et des granites écrasés ou des schistes triturés sur lesquels ils reposent immédiatement.

Près de Decazeville, la dualité de la Tectonique des charriages dans le Cristallin et de la Tectonique plissée dans le Houiller apparaît nettement. Plus au Nord le Sillon est trop violemment plissé pour permettre cette constatation. Cependant un indice de cette dualité fondamentale subsiste dans l'extrême variabilité des systèmes de surfaces de charriage le long du Sillon, lui-même si constant dans sa direction et dans la disposition qu'y ont les petits bassins houillers égrenés.

Ces faits sont d'accord avec la loi énoncée par Pierre Termier ([2]) en 1923,

---

([1]) G. Mouret, *Sur l'existence d'une zone de roches écrasées longue d'environ* 200^{km} *dans la région ouest du Massif Central français* (*Comptes rendus*, 164, 1917, p 822).

([2]) Pierre Termier, *État actuel de nos connaissances sur la tectonique du Plateau Central français* (*C. R. du XIII*e *Congrès géologique international*, p. 535. Liége, 1923).

sur la généralité des charriages antéstéphaniens dans le Plateau Central, et la conservation çà et là de lambeaux de ces nappes grâce aux sédiments houillers formant couverture protectrice.

LIMNOLOGIE. — *Nouvelles études du lac Baïkal.* Note [1] de M. **G. I. Vereščagin**, présentée par M. F. Mesnil.

Le lac Baïkal offre un intérêt scientifique exceptionnel; c'est le lac le plus profond du monde (1523^{m}), et il est un des plus anciens bassins d'eau douce. Les 76 pour 100 de sa faune autochtone sont généralement considérés comme une faune relique du Tertiaire.

Bien que plus de 900 travaux lui aient été consacrés, nos connaissances à son sujet sont loin d'être suffisantes. C'est pourquoi en 1916, une Commission spéciale pour son étude à été créée par l'Académie des Sciences de Russie sous la présidence du membre de l'Académie N. V. Nasonov et à partir de 1923 sous la présidence du membre de l'Académie P. P. Suškin. En 1924 j'ai présenté à l'Académie un projet d'expédition au lac Baïkal d'une durée de cinq ans. Le projet a été adopté et en juin 1925 les travaux de l'expédition ont commencé. L'expédition a un caractère limnologique au sens actuel de ce mot, c'est-à-dire embrassant toutes les questions intéressant la nature du bassin et son utilisation possible par l'homme.

L'expédition a poussé ses travaux dans deux directions : 1° observations systématiques pendant toute l'année dans la région de Maritouj, base de l'expédition située près de la station du chemin de fer, et 2° études successives des différentes régions du lac. Ainsi, au cours de l'année 1925, a été étudiée la région du delta du fleuve Selenga; au cours de l'année 1926, celle du Baïkal du Sud; en 1927 celle de la Petite Mer. Jusqu'au mois de septembre 1927, l'expédition a parcouru et étudié 7561^{km}, fait 5725 stations dont 457 d'eaux profondes, effectué 11902 déterminations hydrochimiques et 3540 pêches biologiques; 19 profils hydrologiques du Baïkal ont été dressés. La base de l'expédition à Maritouj a été créée de concert avec l'Observatoire météorologique d'Irkoutsk qui a installé une station météorologique et un limnigraphe. Des observations quotidiennes sont faites sur la température de l'eau et son niveau. Tous les sept jours, autant que possible, on effectue à une distance de 2^{km} environ du littoral, où la profon-

[1] Séance du 31 octobre 1927.

deur est 1315^{m}, des déterminations, aux différentes profondeurs, de la température de l'eau, de la teneur en pH, O^2, CO^2, $R(HCO^3)^2$, $Si\,O^2$, $Ca\,O$, $Mg\,O$ et de l'oxydabilité. On étudie également la transparence et la couleur de l'eau et l'on recueille le plancton jusqu'à une profondeur de 200^{m} par pêche fractionnée. Ce travail a déjà fourni des résultats importants qui seront exposés ailleurs. Je noterai seulement que les couches d'eau situées à une profondeur dépassant 250^{m} se sont montrées non pas constantes, comme on l'a supposé jusqu'à présent, mais jusqu'à la profondeur maximale étudiée (1300^{m}) présentent au cours de l'année des variations de température de O^2, CO^2, $Si\,O^2$, pH et d'oxydabilité. La circulation d'eau produite par des courants de convection n'atteint qu'une profondeur de 200 à 250^{m}; quant aux couches plus profondes, la variation des divers facteurs est due surtout aux courants d'eau provoqués par les vents soufflant en travers du lac. Les coupes hydrologiques du lac Baïkal immédiatement après de fortes tempêtes ont montré que du côté du vent l'eau monte d'une profondeur considérable à la surface, tandis qu'au bord opposé du lac les eaux de la surface descendent vers les profondeurs.

Ainsi, le 19 août 1925, nous avons vu près du bord occidental la température de la surface tomber de 15° et plus à 3°,84. Les mêmes vents ont une influence très grande sur la distribution dans le plan horizontal d'une série de caractéristiques physico-chimiques et biologiques des couches superficielles. Ils provoquent des différences notables entre les eaux des littoraux oriental et occidental du lac : du côté occidental, l'eau est plus chauffée, contient un plancton plus abondant, etc. Le plancton au large du lac se rencontre jusqu'à des profondeurs très considérables : à une profondeur de 700 à 600^{m}, on trouve encore des *Melosira* sp., des Nauplius et des jeunes *Epishoura baicalensis* (en quantité maximale à la profondeur de 100 à 150^{m}), l'Infusoire *Spatidium* sp. (rencontré dans l'été 1927 en grandes quantités à toutes les profondeurs jusqu'à 700^{m}).

Parmi les résultats zoologiques acquis, je ne signalerai que les groupes d'animaux jusqu'alors inconnus pour le lac Baïkal :

Parmi les Alloiocèles, Friedmann avait décrit une forme géante (jusqu'à 4^{cm} de longueur), *Baicalanctia gulo*, appartenant à une famille nouvelle; maintenant N. Nasonov vient de déterminer une série d'autres formes appartenant au même groupe. Parmi les Rhabdocœles, N. Nasonov a découvert toute une faune nouvelle de 42 espèces en partie constituant de nouveaux genres et même de nouvelles familles; des représentants d'un de ces genres ont été rencontrés également dans la mer du Japon. Les Ostracodes n'ont été étudiés qu'en partie par Bronstein. 15 formes ont été décrites, toutes nouvelles

appartenant en partie à un nouveau genre : *Metacandona*. Des Nématodes, des Némertiens et des larves de Chironomides ont été trouvés également en grand nombre; leur étude n'est pas encore terminée. Parmi les Infusoires, 125 espèces ont été trouvées par Mme N. Gajevsnaja-Iopolowa, dont 30 sont nouvelles et 2 appartiennent à des genres marins. On a trouvé également le mâle jusqu'ici inconnu d'un poisson de profondeur: *Comephorus baikalensis*.

Quelques mots encore sur l'influence exercée par le Baïkal sur le fleuve Angara qui en sort. En août 1926, son influence physico-chimique s'y faisait sentir sur une distance de près de 300^{km} et l'influence biologique à plus de 600^{km}, c'est-à-dire jusqu'au point extrême où notre étude de l'Angara a été poussée. Dans une portion du fleuve distante de 607 à 576^{km} du lac, on a trouvé 13 représentants de la faune baïkalienne (1 polychète, 2 mollusques, 9 amphipodes et 1 poisson).

En raison du grand nombre de questions que soulève l'étude du lac Baïkal, questions dont une grande partie a une importance théorique générale et qui ne peuvent être résolues que sur place, il est nécessaire d'y créer une station permanente où pourraient venir travailler tous ceux qui eront attirés par ce lac qui est le plus intéressant du monde.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le rôle de l'ozone dans l'atmosphère.* Note [1] de M. **Joseph Lévine**, présentée par M. Bigourdan.

M. G. Dobson a entrepris, depuis l'année 1924, l'étude de l'ozone dans l'atmosphère par la méthode de MM. Fabry et Buisson [2], mais avec un spectrographe simplifié [3].

Il a pu faire construire cinq instruments pareils à celui qu'il emploie à Oxford et organiser un véritable réseau d'observations simultanées de l'ozone à Oxford, Valencia (Irlande), Lerwick (Iles Shetland), Abisko (Suède), Lindenberg (Berlin) et Arosa (Suisse).

Le résultat le plus net de la première année de ces observations montre que la richesse de l'air en ozone est étroitement liée à la distribution de la pression atmosphérique, l'ozone étant plus abondant dans les dépressions que dans les anticyclones.

---

(1) Séance du 24 octobre 1927.

(2) *Journal de Physique*, 6e série, 2, 1921, p. 197.

(3) *Proceedings of the Royal Society of London*, série A, **110**, p. 660, et **114**, p. 521.

Ceci s'accorde parfaitement avec mon hypothèse sur les dépressions publiée en 1922 [1], étendue et complétée en 1923 [2].

Les différences de température que l'on constate dans les dépressions n'en constituent pas la cause; ces différences résultent simplement de ce que l'air y afflue de tous les points de l'horizon.

Pour arriver à la prévision rationnelle du temps à longue échéance, les recherches doivent porter d'abord sur la nature des centres des dépressions et sur leur propagation. Le premier de ces problèmes peut être résolu par l'analyse spectroscopique de la haute atmosphère, mais il faut que l'étude de l'ozone soit étendue aux condensations de l'azote et de l'hydrogène.

BOTANIQUE. — *Sur la nutrition azotée du* Penicillium glaucum. Note [3] de M. **Henri Coupin**, transmise par M. P.-A. Dangeard.

Dans deux Notes précédentes [4], j'ai cherché à faire connaître les traits essentiels de la nutrition carbonée d'une Mucédinée extrêmement commune, le *Penicillium glaucum*. Je crois intéressant, maintenant, de donner le résultat de mes expériences en ce qui concerne la nutrition azotée de la même moisissure.

Les cultures pures ont été faites dans le milieu ci-après, auquel on ajoutait des substances azotées variées (environ $0^{g},25$ pour 125^{cm^3} du liquide):

---

(1) *La Nature*, 50e année, 1922, 1er semestre, p. 22.

(2) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 705; *La Nature*, 51e année, 1923, 1er semestre, p. 248.

(3) Séance du 31 octobre 1927.

(4) H. Coupin, *Sur la nutrition carbonée du* Penicillium glaucum *à l'aide de divers composés organiques de la série grasse* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1575); *Sur la nutrition carbonée du* Penicillium glaucum *à l'aide de divers composés organiques de la série aromatique* (*Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 145), et Erratum (*Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 515).

Eau distillée	2000^{cm^3}
Saccharose	150^g
Phosphate monobasique de potassium	0,75
Sulfate de potassium	0,75
Sulfate de magnésium	0,75
Sulfate de calcium	0,75
Sulfate de zinc	traces
Phosphate de fer	»
Silicate de potassium	»
Chlorure de manganèse	»

Après ensemencement avec des conidies de *Penicillium*, on mettait à l'étuve à 25°, et, une quinzaine de jours après environ, on pouvait nettement reconnaître si la moisissure s'était ou non développée et si, par suite, l'aliment azoté ajouté avait été ou non assimilé en quantité suffisante pour fournir de copieuses croûtes mycéliennes flottant sur le liquide et se couvrant d'appareils conidiens.

Il est facile de voir — ce que l'on savait déjà d'ailleurs par de multiples autres exemples — que cet azote peut être fourni à volonté sous forme organique ou sous forme minérale. A l'allure générale des cultures, il m'a semblé cependant que, sous certaines formes organiques, l'azote était plus facilement assimilé que sous la forme minérale.

On obtient, en effet, de copieuses cultures avec les protéides ou leurs dérivés immédiats [peptone (1), gélatine, laquelle est assimilée parfai-

(1) Les peptones, que l'on trouve dans le commerce, ne sont vraisemblablement pas pures, et sans en connaître la composition chimique exacte — que j'ignore, — on peut le démontrer avec le *Penicillium*. Cette mucédinée, en effet, se développe et fructifie, non seulement comme il vient d'être dit dans le liquide nutritif indiqué plus haut et additionné de peptone, mais aussi dans d'autres liquides analogues, mais incomplets, par exemple : substances minérales (pas de sucre) + peptone; ou : sucre (pas de substances minérales) + peptone; voire même : eau distillée (ni sucre, ni substances minérales) + peptone. D'où l'on peut conclure, je crois, que la peptone du commerce contient non seulement une matière protéique, mais encore des substances carbonées et des matières minérales, parmi lesquelles il y a au moins du phosphore, du potassium, du soufre, du magnésium, etc. La chose est bonne à connaître, car les milieux peptonés sont très employés en bactériologie; méconnue, elle pourrait entraîner à de fausses interprétations. C'est, par ailleurs, un exemple qui montre comment on peut arriver à connaître la composition de certaines substances sans avoir recours à l'analyse chimique, laquelle, d'ailleurs, est impuissante lorsque ces substances sont seulement à l'état de traces presque impondérables.

tement, mais lentement], les acides aminés (glycocolle, acide hippurique alanine, leucine, tyrosine, asparagine, celle-ci particulièrement favorable); les produits de décomposition des substances protéiques (urée, acide urique). Ces deux dernières matières, particulièrement l'acide urique, sont remarquablement bien assimilées, ce qui montre que l'on a tort de dire, comme on le fait quelquefois, que la nutrition des champignons, végétaux non chlorophylliens, a beaucoup d'analogie avec celle des animaux (ceux-ci, non seulement ne peuvent assimiler ni l'urée, ni l'acide urique, mais encore les rejettent).

On obtient aussi d'assez bons résultats avec certains glucosides azotés, l'amygdaline, par exemple.

Par contre, on n'obtient aucune trace d'assimilation avec les alcaloïdes (strychine, quinine, sulfate de quinine, caféine, nicotine,) le pyrrol, les amines aromatiques (sulfate d'aniline, couleurs d'aniline), les composés cyanogéniques (acide cyanhydrique, cyanure de potassium, acide cyanurique, ferrocyanures et ferricyanures de sodium ou de potassium) autres que l'amygdaline citée plus haut.

En ce qui concerne les composés à azote minéral, on reconnaît que le *Penicillium* peut se nourrir — en azote — aux dépens des sels ammoniacaux [sulfate d'ammonium, chlorure d'ammonium (médiocre), phosphate d'ammonium, bitartrate d'ammonium (particulièrement bien assimilé)] et des nitrates (nitrates de potassium, de sodium, d'ammonium, de calcium), mais non à l'aide des nitrites (nitrites de potassium, de sodium).

On voit, en résumé, que les substances pouvant céder leur azote au *Penicillium glaucum* sont très variées (17 sur 34 mises en expérience), conclusion à laquelle j'étais arrivé, également, pour celles pouvant céder leur carbone ([1]).

On voit aussi que si certaines substances azotées organiques peuvent nourrir le *Penicillium*, à la fois, en carbone ([1]) et en azote (amygdaline, glycocolle, asparagine, acide hippurique), d'autres ne peuvent le nourrir que par leur azote (urée, acide urique).

([1]) H. Coupin, *loc. cit.*

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Précocité et rendement final dans la thermobiologie des plantes et variations avec la latitude.* Note [1] de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note récente [2], j'ai donné quelques résultats de la culture du *Lepidium sativum* en plein air, à quatre stations de latitudes très différentes, en partant de graines récoltées à Rennes en 1926, d'origine bien contrôlée et qui ont donné naissance, en 1927, à des plantes précoces de 1re, 3e, 6e générations de plein air après la vie sous châssis, et à des plantes normales, témoins toujours de plein air (∞). Les stations Alger, Marseille, Rennes et Rothamsted sont à des latitudes que je puis représenter, à une unité près, par 36°, 43°, 48° et 51°. Les résultats signalés sont : diminution de la durée de la période végétative quand la température augmente; hérédité du caractère précocité aux quatre stations, au moins jusqu'à la 6e génération de plein air après la vie sous châssis.

J'ai réservé le rendement final qui est d'ordinaire plus faible dans les plantes précoces que dans les plantes normales, parce qu'il a montré des variations très intéressantes si on le caractérise par la taille moyenne des plantes de chaque culture, à la récolte, en fin de végétation.

Pour rendre ces variations plus marquées et plus rapidement observables, j'ai construit, dans le tableau ci-contre, deux catégories de courbes en joignant, par un trait, les sommets des ordonnées représentant cette taille et groupées par quatre. Dans la première catégorie, en haut, on voit, dans chaque station, les variations dues à l'ordre de la génération en plein air après la vie sous châssis; dans la deuxième catégorie, en bas, on voit, pour chaque génération de plein air après la vie sous châssis, les variations dues à la latitude des stations où les cultures ont été faites. Pour ménager la place dans ce tableau, j'ai supprimé une même partie importante de la base de ces ordonnées. Je laisse de côté des considérations de détail, par exemple celle des sols qui n'étaient pas nécessairement les mêmes aux quatre stations, pour n'envisager que les variations d'ensemble où la latitude joue le rôle principal.

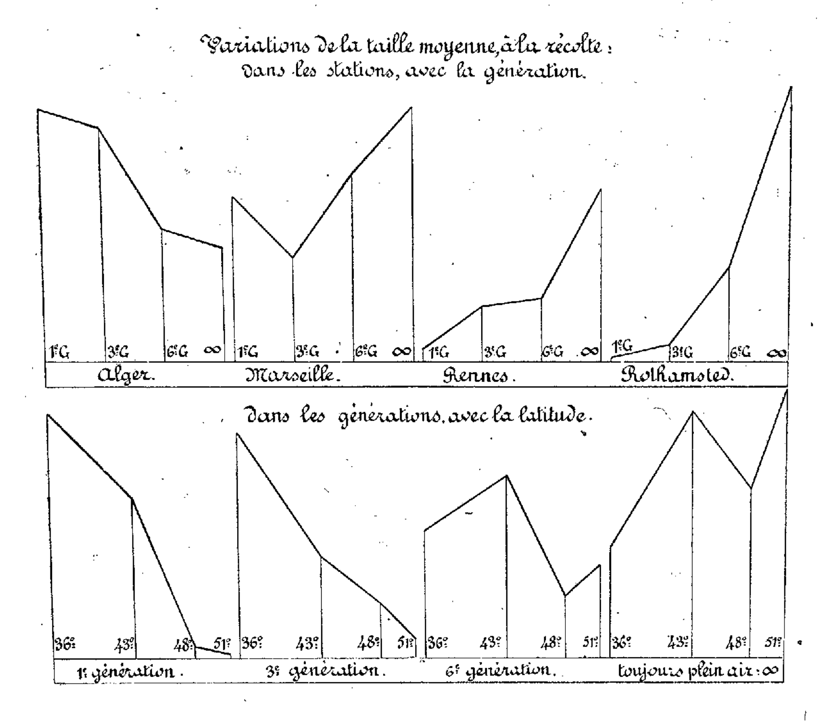
---

(1) Séance du 31 octobre 1927.

(2) Pierre Lesage, *Courbes de croissance et hérédité du caractère précocité à des latitudes très différentes* (*Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 725).

L'interprétation de ces courbes nous permet de dégager les deux groupes de faits suivants :

1° Le rendement final de la plante précoce après la vie sous châssis est plus faible que celui de la plante normale toujours de plein air, dans les régions septentrionales Marseille, Rennes et Rothamsted. La différence la



plus marquée entre la plante précoce et la plante normale s'est montrée à Rothamsted, dans la région la plus au Nord, la plus froide. Inversement le rendement final de la plante précoce est plus grand que celui de la plante normale, à Alger, la région la plus au sud, la plus chaude. On pourrait tenter une explication de ces derniers faits en disant que la température très élevée, encore compatible avec la vie, tend à provoquer le nanisme dans le *Lepidium sativum* ayant vécu toujours en plein air à Rennes, tandis que la même plante, déjà entraînée à la chaleur par la vie sous châssis, résisterait davantage à cette tendance.

2° La plante de sixième génération de plein air après la vie sous châssis est, dans les quatre stations, la plus rapprochée de la plante normale; cela laisse prévoir une atténuation dans l'hérédité du caractère précocité, atténuation qui a paru se manifester déjà, mais légèrement, dans la floraison

du cinquième de mes semis successifs de 1926 et que le sixième des semis successifs de 1927 laisse encore entrevoir. Ce serait le présage d'un retour à la plante initiale toujours de plein air, retour qu'il faut vérifier et faire aboutir dans des cultures répétées d'année en année, pour savoir si cette hérédité, bien établie jusqu'à la sixième génération, n'est cependant que temporaire au lieu d'être définitivement fixée. C'est, par la discussion de la transmissibilité des caractères acquis, un point important qu'il ne faut pas abandonner.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les variations de la descendance des Topinambours greffés.* Note (¹) de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans de précédents travaux (²), j'ai décrit divers cas d'hérédité de variations chez les plantes greffées et indiqué que j'avais obtenu plusieurs milliers de graines, l'an dernier, sur des Topinambours greffés avec le Soleil annuel et sur des *Helianthus Dangeardi, dauciformis* et *Mangini* francs de pied. En février, j'ai semé ces graines sur couches; j'ai obtenu seulement 362 germinations; la majeure partie des graines n'a pas réussi, soit qu'elles fussent mal constituées, soit qu'elles aient été mangées dans le sol. Dès le début, ces germinations présentèrent de notables différences dans la forme, les dimensions et la couleur des cotylédons et des feuilles. A la fin d'avril, les unes fournirent une tige érigée; les autres restèrent à l'état de rosette à la façon des Topinambours cultivés dans les Alpes par Gaston Bonnier.

Le 4 mai, elles furent mises en pleine terre; la reprise fut parfaite. Le 2 juin, je comptai 207 exemplaires à entrenœuds longs et normaux et 155 à entrenœuds courts. Parmi ceux-ci, quelques-uns étaient restés à l'état de rosette; d'autres avaient fourni une tige courte à entrenœuds basilaires tuberculeux rappelant les tubercules apicaux des Topinambours greffés; d'autres enfin avaient de courtes tiges obliques ou rampant totalement sur le sol. Plus tard, certains pieds à rosette moururent; d'autres se

(¹) Séance du 24 octobre 1927.

(²) Lucien Daniel, *L'hérédité des caractères acquis chez le Topinambour* (*Comptes rendus*, **177**, 1923, p 1449); *L'hérédité intermittente chez le Topinambour* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 908), etc.

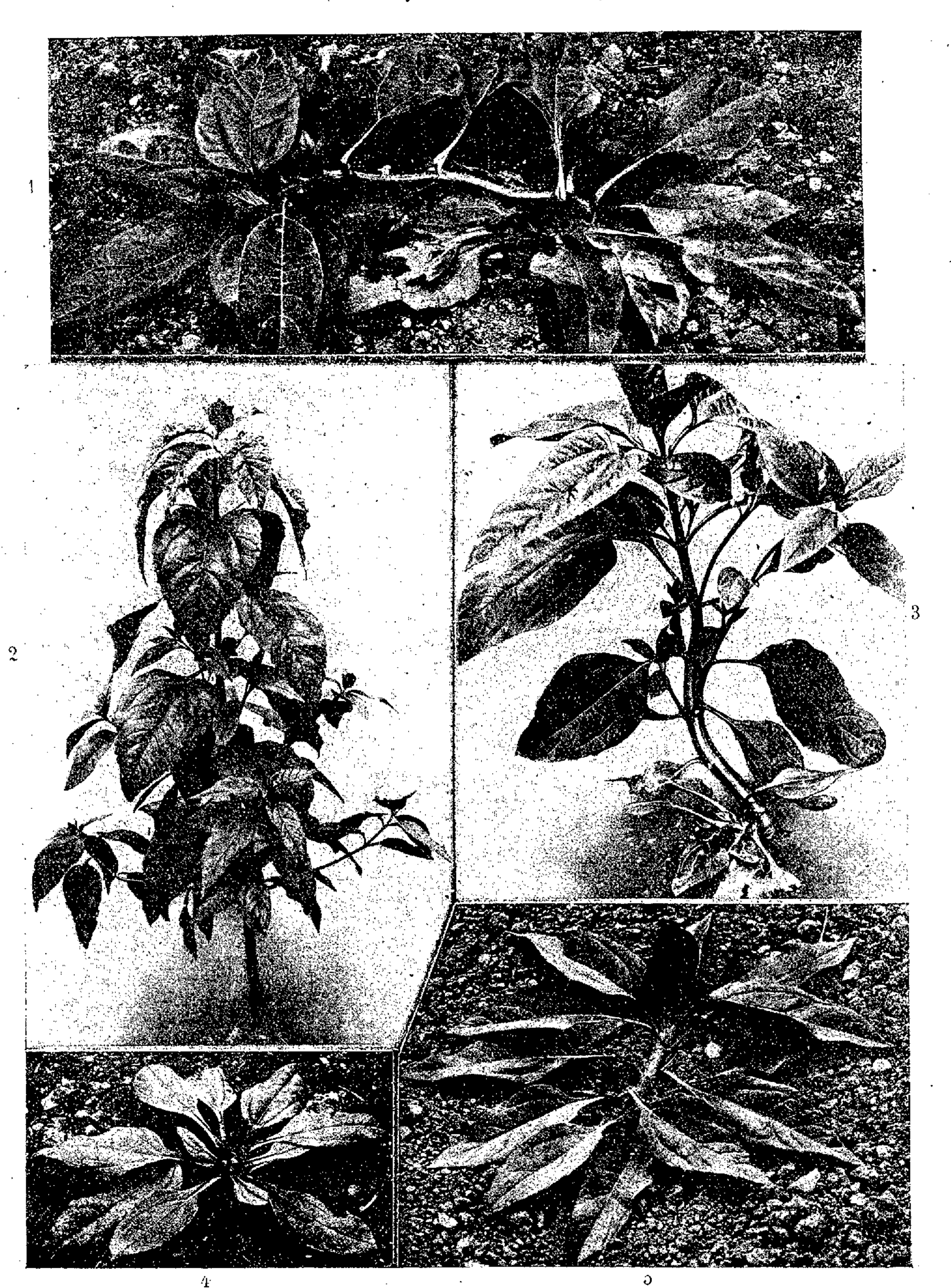


Fig. 1, Topinambour rampant. — Fig. 2, Topinambour normal, à tige érigée. — Fig. 3, Topinambour à tige sympodique. — Fig. 4, Topinambour en rosette. — Fig. 5, Topinambour à tige oblique, se relevant légèrement à son extrémité.

mirent à pousser et formèrent une tige érigée après un arrêt de pousse plus ou moins long; enfin, chez quelques-uns, l'arrêt de la tige principale persista, mais une ou plusieurs pousses latérales suppléèrent la tige principale défaillante, à la façon de ce qui se passe normalement chez un hybride de greffe, le *Cratægomespilus Batesoni*.

Les photographies qui accompagnent cette Note (*fig.* 1-5), permettent mieux qu'une longue description de comprendre les différences considérables existant aujourd'hui entre ces jeunes Topinambours et la variété originelle et aussi l'espèce d'affolement des caractères consécutif au greffage. Je reviendrai ultérieurement sur ces faits quand j'étudierai les variations de la floraison, de la fructification et des tuberculisations aérienne et souterraine, et j'en tirerai alors les conclusions qu'ils comportent.

MICROBIOLOGIE. — *Laits dysgénésiques.*
Note (¹) de M. **Costantino Gorini**, présentée par M. Roux.

J'ai montré que le lait stérilisé à haute température devient impropre à la culture de certaines bactéries et qu'il suffit d'ajouter à ce lait des substances que j'ai appelées stimulantes (²) pour lui rendre ses propriétés nutritives. J'ai aussi, depuis longtemps (³), attiré l'attention sur ce fait que l'on rencontre des laits de vaches saines, n'ayant subi aucune stérilisation, dans lesquels certains ferments lactiques simples ou mixtes acido-protéolytiques non seulement ne se développent pas, mais encore périssent promptement. Je nomme ces laits *dysgénésiques*. Aussi, pour ne pas perdre ces bactéries, j'ai pris la précaution de les ensemencer simultanément dans divers échantillons de lait. Est-il possible de transformer les laits naturellement dysgénésiques en laits eugénésiques? Pour le savoir, j'ai choisi une souche très sensible de *Mamococcus* et je l'ai ensemencée dans divers laits de vaches saines, laits que leurs caractères organoleptiques, chimiques et microscopiques portaient à considérer comme tout à fait normaux. Sur 13 laits examinés 3 se sont révélés dysgénésiques. Quand on opère sur des laits pris au marché on rencontre moins souvent des laits dysgénésiques parce que

(¹) Séance du 31 octobre 1927.
(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 946; **183**, 1926, p. 250 et 681; **184**, p. 1355.
(³) *C. R. Inst. Lombard Sc. et Lettres*, **40**, 1907, p. 947.

les laits de marché sont des mélanges de laits provenant de plusieurs animaux.

L'action dysgénésique était constatée, au bout de 3 jours d'incubation à 37°, par la mesure de l'acidité dans les divers échantillons. Dix laits eugénésiques avaient une acidité variant de 3,9 à 4,6 pour 1000 en acide lactique, tandis que dans les trois laits dysgénésiques l'acidité était de 1,2, 1,6, 1,8 pour 1000. Les premiers laits caillaient en 24 heures, la redissolution du caillot se produisait promptement, deux des laits dysgénésiques commencèrent à coaguler seulement après 72 heures et le troisième se conserva inaltéré. On comptait 2486 à 3960 millions de germes par centimètre cube des laits eugénésiques et 437, 390 et 176 millions dans les laits dysgénésiques.

Il suffit d'ajouter aux laits dysgénésiques des substances stimulantes telles qu'extrait de levure, peptone de caséine Erba, à la dose de 1 à 0,001 pour 100 pour que ces laits se comportent comme des laits eugénésiques; ils se sont même montrés parfois plus favorables à la croissance des bactéries et surtout à la manifestation de leur pouvoir protéolytique.

Il n'est point facile d'expliquer en quoi consiste l'action de ces stimulants. Leurs effets sont pour ainsi dire indépendants de la dose, on peut les considérer comme des catalyseurs. Dans le cas de l'extrait de levure, on pourrait penser à l'action d'une vitamine; dans le cas de la peptone Erba, à l'apport d'un supplément d'aliment azoté, la caséine hydrolysée que certaines bactéries préfèrent à la caséïne ordinaire. Pour éclaircir ce point j'ai ajouté à une portion du lait le plus dysgénésique de la vitamine BC du commerce et à une autre portion un peu de lait, lui-même hydrolysé. Dans les deux cas j'ai obtenu un effet eugénésique.

Il serait intéressant de savoir si la même vache fournit continuellement du lait dysgénésique ou si la production de celui-ci est accidentelle et en rapport avec l'alimentation ou d'autres circonstances telles que : mauvaise traite, mastite, microflore mamaire anormale. Je rappellerai à ce propos que le mamococcus, hôte habituel de la mamelle, hydrolyse un peu de lait et que tout le lait vendu sur les marchés contient de la caséine hydrolysée à cause de l'action des bactéries qui s'y développent après la traite.

Quoi qu'il en soit, ces recherches autorisent à supposer que la propriété dysgénésique de certains laits n'est pas attribuable à un principe microbicide ou inhibitoire, mais plutôt à un manque d'une substance à laquelle supplée l'addition des stimulants.

Les discordances entre les auteurs au sujet de la façon dont les bactéries

se comportent dans le lait s'expliquent par le pouvoir dysgénésique naturel de certains laits, pouvoir renforcé par l'influence dysgénésique de la stérilisation. Les insuccès que rencontre la technique laitière dans la préparation des cultures sélectionnées pour les beurres, les fromages, le yoghourt et dans la fabrication des fromages, s'expliquent de même, surtout dans le cas où l'on opère avec le lait d'une seule vacherie. Je ne crois pas me tromper en rapportant à l'action du lait dysgénésique la perte de souches de ma collection de ferments lactiques. Il se pourrait que le lait dysgénésique pour les bactéries eût des propriétés nutritives modifiées à l'égard de l'homme et que la stérilisation et la pasteurisation modifient le pouvoir alimentaire du lait comme elles modifient les propriétés nutritives pour certaines bactéries. Ces dernières pourraient servir de tests pour apprécier les qualités biochimiques d'un lait, qualités qui échappent aux méthodes analytiques ordinaires.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Gustave André*.

En première ligne. . . . . M. **Albert Calmette**,

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique. . . . . MM. **Émile Demoussy**, **Émile Fleurent**, **Pierre Mazé**, **Max Ringelmann**, **Émile Schribaux**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

A 16h30m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h15m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Observations du passage de Mercure sur le disque solaire, le 8 novembre 1927, aux Observatoires de Paris et de Meudon.* Note de M. **H. DESLANDRES.**

La Note actuelle résume brièvement les observations du passage de la planète Mercure sur le disque solaire, faites à l'Observatoire de Paris et à l'Observatoire de Meudon.

Ces observations offrent un grand intérêt, car elles donnent des positions exactes de la planète, rapportées directement au Soleil, et donc les écarts par rapport aux éphémérides. Ces positions exactes sont précieuses pour reconnaître les anomalies de l'orbite et aussi les petites variations possibles de la durée de rotation de la Terre ([1]).

Tous les instruments des deux observatoires ont été utilisés, à savoir :

A Paris, l'équatorial de l'Est par M. Giacobini assisté de Mme Chandon. L'objectif de 38^{cm} d'ouverture avait été diaphragmé à 15^{cm}.

L'équatorial de l'Ouest par M. Fatou assisté de Mlle Bonnet.

L'équatorial de la Carte du Ciel par M. J. Baillaud assisté de M. Mineur.

MM. Hamy, Salet et Brisse ont observé avec de petits instruments de la collection, non portés par une monture équatoriale.

([1]) Newcomb a examiné avec soin les mesures de tous les passages antérieurs de la planète, pour rechercher si elles pouvaient déceler de petites variations de la durée de rotation de la Terre. Il a conclu que ces variations étaient probables, mais non encore certaines. La question sera reprise lorsque les observations seront plus nombreuses et plus précises.

A Meudon :

La grande lunette a été confiée à MM. Baldet et Antoniadi qui ont observé surtout le premier, les contacts, et le second l'aspect physique de la planète. L'objectif de 83^{cm} a été employé à toute ouverture.

MM. d'Azambuja et Grenat ont utilisé l'objectif photographique de $0^{m},62$ d'ouverture et 16^{cm} de distance focale, qui recevait la lumière du grand sidérostat (¹).

Enfin M. Burson a observé avec l'équatorial de 8 pouces.

II. Au lever du Soleil la planète était déjà sur le disque solaire, et les astronomes ont pu observer seulement la deuxième partie du phénomène, et en particulier le troisième contact intérieur et le quatrième extérieur. Les conditions étaient peu favorables; le Soleil était à une faible hauteur au-dessus de l'horizon et les images étaient ondulantes. Au début le ciel était couvert à l'Est, mais il s'est éclairci un quart d'heure avant le troisième contact, qui a pu être observé par tous. Aussitôt après des nuages légers se sont interposés, et la mesure du quatrième contact a été difficile surtout avec les petits instruments (²).

Les observateurs ont noté l'absence de tout point brillant sur le disque noir de la planète et aussi d'un liséré brillant sur le pourtour. Ceux qui avaient une lunette grande ou moyenne ont observé au contact intérieur le phénomène bien connu de la goutte noire ou du ligament noir, qui apporte, comme on sait, une gêne sérieuse. Dans les passages précédents, les écarts entre les observateurs d'un même lieu ont dépassé parfois 10 secondes de temps pour l'heure du contact; chaque observateur se fait une idée différente de ce qu'est un contact réel. D'ailleurs, le 8 novembre la goutte noire a persisté pendant un temps relativement long dans les deux observatoires.

Si la goutte noire est due à la diffraction seule, le contact réel a lieu au moment où le développement de la goutte est maximum, et, le contact qui est observé dans la lunette quelques secondes plus tard, n'est qu'une apparence. Mais d'autres causes interviennent dans le phénomène (³).

Or, à Meudon, les astronomes ont noté le moment où la goutte noire est maxima, alors que ceux de Paris ont relevé surtout le contact apparent. Si

---

(¹) Ce dispositif instrumental avait donné dans les mois précédents de belles photographies du Soleil

(²) Les conditions ont été les mêmes pour les deux observatoires; la direction du Soleil était à peu près celle de la ligne qui les réunit.

(³) Parfois le même instrument a montré la goutte noire à l'un des contacts intérieurs et pas à l'autre.

l'on tient compte de ces différences, l'accord entre les mesures est satisfaisant.

De même que dans les passages précédents, le troisième contact (intérieur) est en avance sur le contact calculé. Pour la commodité, je donnerai seulement pour chaque instrument l'avance mesurée.

Équatorial de l'Est [M. Giacobini (1)] avance 16s
Équatorial de l'Ouest (M. Fatou et Mlle Bonnet) 14s

Avec les petits instruments,

M. Salet a trouvé 30s
Mme Chandon (2) 17s
M. Brisse 14s

A Meudon :

Grande lunette (M. Baldet) avance 26s
Objectif photographique (MM. d'Azambuja et Grenat sur une épreuve faite entre le troisième et le quatrième contact) 21s
Objectif de 8 pouces M. Burson 24s

Les résultats avec la grande lunette de Meudon doivent retenir l'attention; la grande ouverture de l'objectif a permis d'avoir une mesure assez bonne du quatrième contact. L'observation était faite par projection sur un papier blanc, la planète étant représentée par un disque noir de 4^{mm} de diamètre. Je reproduis ici les notes mêmes de M. Baldet :

$8^h 27^m 51^s$ T. U. La planète s'allonge très légèrement vers le bord solaire et s'y rattache par une très légère ombre.
$8^h 27^m 58^s$ La légère ombre s'est épaissie et est devenue une forte goutte noire.
$8^h 28^m 8^s$ Le disque noir de la planète paraît tangent intérieurement au bord solaire.
$8^h 29^m 35^s$ Des nuages un peu transparents passent devant le Soleil. Une trace du disque de Mercure se soupçonne encore.
$8^h 29^m 38^s$ Les nuages sont plus épais. Il est difficile de décider si la planète est encore visible.
$8^h 29^m 41^s$ La planète a quitté certainement le bord solaire.

D'autre part les heures calculées des contacts sont :

Troisième contact intérieur : $8^h 23^m 24^s$
Quatrième contact extérieur : $8^h 30^m 5^s$

---

(1) M. Giacobini a mesuré aussi avant le troisième contact, pour deux positions de la planète la distance minima au bord solaire.
(2) Mme Chandon a observé avec le chercheur de l'équatorial de l'Est.

Si l'on adopte pour l'heure observée du quatrième contact 8h 29m 38s avec une erreur qui ne paraît pas dépasser 3s, l'avance est de 27s et en accord avec l'avance de 26s donnée par le même appareil au troisième contact [1].

S'il est nécessaire, les détails de ces mesures seront donnés dans une autre publication.

ASTRONOMIE. — *Passage de Mercure sur le Soleil, observé le* 10 *novembre* 1927 *à l'Observatoire de Paris*, par M. G. **Bigourdan**.

J'ai observé ce passage en plein air, avec une lunette achromatique ancienne (dite Lunette de l'Empereur) non diaphragmée, montée sur un pied à la Cauchoix, azimutal, peu stable, à mouvements de rappel assez grossiers. Il avait été amené sur la terrasse dallée de la façade sud, et placé à 20m à l'Ouest du méridien de Paris. Cette lunette a 0m,102 d'ouverture, 1m,65 de long et était munie d'un oculaire négatif qui grossit 60 fois en diamètre. Le champ est assez petit. La lumière était affaiblie par une lame de verre ordinaire enfumée à la lampe et tenue à la main; elle était assez opaque et laissait au Soleil un éclat rougeâtre moyen qui ne fatiguait pas l'œil. Toutefois à la fin, vers 8h30m, au moment où le Soleil a été fortement affaibli par de petits nuages formant brume, j'ai employé un verre gradué, teinte neutre, beaucoup moins foncé que le verre enfumé.

J'étais assisté par M. Stoyko qui notait les heures sur une montre à secondes, réglée sur le temps civil et qui était en avance de 17s; toutes les heures ci-dessous sont celles de la montre, diminuées de 17s.

Le Soleil a été caché par les nuages jusqu'à 7h45m; il y a eu alors une courte éclaircie, et le Soleil était visible à travers les sommets des branches des arbres voisins; j'ai cherché Mercure un instant et n'ai pu l'apercevoir.

Le ciel, dans la partie occupée par le Soleil, s'est dégagé complètement à partir de 8h7m; alors les branches ne gênaient plus, et depuis ce moment j'ai vu Mercure à peu près constamment. Il a toujours paru très noir, aussi foncé que la partie du champ qui entourait immédiatement le Soleil. Les ondulations atmosphériques étaient moyennement sensibles; ce qui était,

---

[1] L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* a donné ces heures des deux contacts au 1/10 de minute. Nous les avons calculées de nouveau, à 1 seconde près.

La moyenne des avances mesurées à Meudon avec les grands instruments est ainsi de 25s (26s, 21s et 27s).

tout aussi gênant c'étaient les très petits mouvements imprimés au pied et à la lunette par de légers mouvements de l'air.

Pendant les 15 premières minutes à partir de 8^h7^m, j'ai suivi Mercure pour saisir les instants des meilleures images; la planète m'a paru généralement prolongée radialement par une sorte de queue allongée très faible, à la limite de visibilité, qui la suivait et dont l'étendue, en diamètres de Mercure, était de $1,5\times1$; elle était moins visible quand les images devenaient meilleures et j'ai conclu immédiatement qu'elle ne devait pas avoir de réalité.

En même temps j'ai cherché attentivement l'anneau signalé autour de la planète dans certains de ses passages antérieurs; à aucun instant je n'ai pu en saisir la moindre trace. Je ne l'ai pas vu davantage dans une lunette de Dollond, de $0^m,090$ d'ouverture, et $1^m,16$ de long, grossissant 33 fois, avec laquelle observait M. Hamy, sur la même terrasse et sur le méridien de Paris; les images y étaient mieux terminées que dans l'autre, car les mouvements de l'air avaient moins d'influence sur l'instrument, d'ailleurs monté parallactiquement.

Pour la sortie (dernier contact intérieur) j'ai noté les deux heures $8^h28^m9^s$ et $8^h28^m28^s$; lors de la première le contact paraissait à peine complet, et lors de la seconde il l'était absolument : j'ai jugé immédiatement que le mieux est d'adopter la moyenne $8^h28^m18^s$.

A $8^h28^m53^s$, milieu entre le contact extérieur et l'intérieur.

A $8^h29^m17^s$, la planète forme encore une échancrure noire assez facilement visible.

A $8^h29^m49^s$, le ciel venant de se couvrir de petits nuages formant brume qui affaiblissent fortement le Soleil, je n'aperçois plus la moindre échancrure.

Au troisième contact observé, je n'ai aperçu rien qui ressemblât à la goutte noire; l'image de la planète était d'ailleurs bien petite pour se prêter à une telle observation.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure sur le Soleil le 10 novembre 1927.* Note de M. **Maurice Hamy**.

En raison de circonstances atmosphériques défavorables, le second contact intérieur seul a pu être observé, sur la terrasse du jardin de l'Observatoire de Paris.

L'instrument employé était une lunette de Dollond, de 90^{mm} d'ouverture

et de $1^m,15$ environ de distance focale. L'image du bord solaire étant très ondulante, le grossissement 33, qui eût été considéré comme insuffisant, en cas d'images stables, a été employé.

Le contact a paru être atteint à $8^h 28^m 5^s$, temps moyen de Greenwich, et dépassé à $8^h 28^m 25^s$.

L'arrivée des nuages, immédiatement après cette observation, n'a pas permis de suivre la planète jusqu'à sa sortie du disque solaire. D'ailleurs aucun phénomène optique particulier ne s'est manifesté.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Sur un oculaire permettant de faire tourner les images.* Note [1] de M. **Maurice Hamy**.

Dans diverses applications, on se trouve amené à modifier l'orientation des images fournies par une lunette. A cet effet, on dispose, entre l'œil et l'œilleton de l'oculaire, un prisme à réflexion totale, à faces rectangulaires, monté de façon que l'axe de figure de l'oculaire soit parallèle à l'hypoténuse et perpendiculaire à l'arête du dièdre droit du prisme. Après deux réfractions et une réflexion totale, dans le prisme, les rayons arrivent à l'œil de l'observateur, dans la même direction qu'au sortir immédiat de l'oculaire, mais les images ont éprouvé une rotation dont la valeur change, en faisant tourner le prisme autour de l'axe de l'oculaire. A l'Observatoire de Paris, ce dispositif paraît avoir été employé, pour la première fois, par Lœwy, vers 1885, dans des recherches concernant la flexion des instruments méridiens.

L'adjonction du prisme oblige l'observateur à s'éloigner de l'anneau oculaire de la lunette, en sorte que l'œil ne se place pas nécessairement dans une situation correcte, pour recevoir toute la lumière qui a traversé l'objectif. Au point de vue de la précision des mesures, il y a là, comme on sait, un sérieux inconvénient que je suis arrivé à éviter, dans des recherches récentes, en faisant usage d'une combinaison optique correcte. Invité à faire connaître ce dispositif, je me propose, dans ce qui suit, d'en donner une courte description.

Pour simplifier l'exposition, je désignerai par P le plan focal, corrigé des aberrations, d'un objectif, par F le foyer qui y est contenu et par F′ l'autre foyer. Les indices dont ces lettres sont affectées plus loin, ont pour but d'indiquer qu'elles se rapportent à des objectifs différents.

(1) Séance du 7 novembre 1927.

Considérons deux petits objectifs semblables O_1 et O_2 de longueur focale f, dont les axes principaux coïncident, ainsi que les foyers F'_1, F'_2, tandis que les foyers F_1 et F_2 sont placés à la distance $4f$ l'un de l'autre. Un pareil système, que j'appellerai véhicule, jouit de la propriété de donner d'un objet quelconque une image non agrandie, située à une distance de l'objet égale à $4f$.

En conséquence, les images de deux objets distincts, fournies par le véhicule, sont à la même distance l'une de l'autre que les objets eux-mêmes.

Pour parvenir au but à atteindre, je retire l'oculaire de la lunette et le remplace par un véhicule, disposé de façon que le plan focal P_1 de l'objectif O_1 coïncide avec le plan des fils du micromètre de la lunette. Dans ces conditions, les images des fils, fournies par le véhicule, se forment dans le plan focal P_2 de l'objectif O_2. D'autre part, le véhicule fournit une image de l'objectif de la lunette, placée à une distance des images des fils égale à la longueur focale de la lunette. En conséquence, si l'on installe l'oculaire de la lunette, à la suite du véhicule, de façon à voir nettement les images des fils, l'image de l'objectif de la lunette, fournie par l'oculaire, c'est-à-dire l'anneau oculaire, se forme dans l'œilleton de l'oculaire, à l'emplacement même qu'il occupe quand on utilise la lunette, sans adjonction de véhicule.

Pour donner au véhicule la propriété de faire tourner les images, quand on lui imprime une rotation autour de son axe, on installe, entre les objectifs O_1 et O_2, un prisme à réflexion totale rectangulaire, disposé de façon que l'axe principal commun de O_1 et O_2 soit parallèle à son hypoténuse et perpendiculaire à l'arête du dièdre droit. La distance de l'hypoténuse à l'axe principal est choisie de façon que le rayon incident, sur le prisme, coïncidant avec l'axe principal, soit en ligne droite avec le rayon émergent.

En réalité, l'introduction du prisme a pour effet de modifier un peu les propriétés du véhicule, parce que le passage des rayons, à travers le verre, détruit la coïncidence des foyers F'_1, F'_2. Il convient donc de changer légèrement la distance des objectifs O_1, O_2. Pratiquement, on la règle en examinant un objet éloigné, à travers le véhicule armé du prisme, et en la faisant varier jusqu'à ce que l'objet s'aperçoive comme à l'œil nu.

L'expérience montre que l'anneau oculaire se place bien ainsi au niveau de l'œilleton de l'oculaire.

Dans l'oculaire que j'ai réalisé, les objectifs O_1, O_2, ont 45^{mm} de longueur focale et 8^{mm} de diamètre. Ces dimensions n'ont certainement rien d'absolu. Je les indique simplement, parce que le résultat obtenu, en les adoptant, m'a donné satisfaction.

GÉOLOGIE. — *Quelques résultats du Congrès de l'Association carpathique tenu à Bucarest en septembre 1927 : zone cristallino-mésozoïque : aperçu provisoire sur l'ensemble de la structure des Carpathes.* Note de M. **Pierre Termier.**

J'ai dit, dans une Note précédente (¹), que, dans le Congrès de Bucarest, les géologues s'étaient aisément mis d'accord sur la stratigraphie et la tectonique des deux premières zones carpathiques : *zone néogène*, *zone du Flysch*. Mais d'ardentes discussions se sont élevées sur la tectonique de la troisième zone, *zone intérieure* ou *cristallino-mésozoïque* : là, le désaccord persiste et les problèmes sont loin d'être résolus. Du moins l'avantage du Congrès aura-t-il été de préciser ces problèmes.

La zone cristallino-mésozoïque occupe en Roumanie une étendue très vaste. Elle va de la frontière tchécoslovaque, au Nord, jusqu'au massif de la Leaota inclusivement, au Sud, incurvée en forme d'arc à grand rayon de courbure autour du pays transylvain ; elle comprend aussi, à l'ouest de la dépression de Braschov, les massifs des monts Perschani et Fogarasch et le prolongement de ces derniers au delà de l'Olt, c'est-à-dire toutes les Carpathes méridionales ; elle va ainsi, courbée en un autre arc immense, l'arc gétique, ouvert à l'Est, elle va, dis-je, jusqu'au delà du Danube, et le défilé fameux qui se termine aux Portes de fer est creusé dans cette zone.

Telle est l'extension de la zone cristallino-mésozoïque dans les Carpathes roumaines. Mais elle s'étend bien plus loin que les Carpathes des géographes ; et l'on ne peut géologiquement séparer d'elle, ni les massifs montagneux qui limitent à l'Ouest le bassin tertiaire de Transylvanie (monts Fraschcau, Apuseni, Métalliques, Bihar, Zarandului), ni les monts du Banat au sud du Muresch et jusqu'au delà du Timisch. La cuvette tertiaire transylvaine correspond à une région effondrée de cette immense zone cristallino-mésozoïque. A l'Ouest, la zone descend peu à peu sous les terrains tertiaires et quaternaires de la dépression pannonique ; et, comme cette dépression n'a guère moins de 200^{km} de largeur, on ne peut conserver aucun espoir qu'une observation *directe* nous renseigne jamais sur les rapports des Carpathes occidentales et de la zone intérieure des Carpathes roumaines.

La zone intérieure est poussée de l'Ouest à l'Est sur la zone du Flysch : le fait, observé depuis longtemps par nombre de géologues, n'est mis en

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 913-916.

doute par personne. Sa constatation, venant après l'extraordinaire réussite, dans les Alpes, de la théorie des grands charriages, a provoqué plusieurs essais d'explication des Carpathes roumaines par des nappes d'origine occidentale qui se relieraient plus ou moins directement aux nappes alpines. A ces essais sont attachés les noms de V. Uhlig, M. Murgoci, L. Mrazec, I. Popescu-Voitesti [1]. Il faut reconnaître que, dans les essais en question, on a un peu exagéré le nombre des nappes et l'amplitude du charriage. D'où une réaction très vive qui va, aujourd'hui, jusqu'à supprimer toute nappe, ou presque, et à tout expliquer par des transgressions et des plis, ou des plis-failles, plus ou moins déversés.

La vérité est certainement comprise entre ces deux conceptions extrêmes.

Les excursions du Congrès m'ont permis de voir en plusieurs points le contact de la zone cristallino-mésozoïque et de la zone du Flysch. Voici quelle a été mon impression personnelle, qui m'a paru être aussi celle de bon nombre de mes compagnons.

Dans la région de Braschov, le *caractère de nappe* manifesté par la zone cristallino-mésozoïque m'a paru évident. Les conglomérats des Bucegi (conglomérats, à galets souvent énormes et surtout jurassiques, au milieu desquels s'isolent des lentilles d'un calcaire à Caprotines semblable à notre Urgonien et d'âge aptien) ne sont pas, à mes yeux, une formation transgressive sur le Crétacé inférieur de la zone du Flysch; ils sont le terme le plus singulier du Crétacé de la zone cristallino-mésozoïque; ils sont la partie haute d'une nappe véritable, charriée de l'Ouest à l'Est sur le Flysch. Leur substratum autochtone, ou presque autochtone, est souvent formé par les couches dites de Sinaïa (Valanginien-Hauterivien). A Busteni, et sans doute en bien d'autres endroits, la base de la nappe est constituée par des lames discontinues de terrains cristallins; ailleurs, elle est faite de lambeaux de Jurassique et de Trias, lambeaux qui ont toutes dimensions et toute épaisseur. La puissance des conglomérats des Bucegi, extrêmement variable, peut dépasser 1000^{m}. Ils forment de nombreux témoins épars en avant du front de la nappe. La surface de charriage est souvent quasi horizontale. Près de la base de la nappe, les mylonites sont fréquentes.

Le *caractère de nappe* se retrouve plus au Nord, dans le massif des Hagimasch, dans les vallées du Bicaz, de la Bistritza, de la Bistritzioara; moins évident cependant parce que la surface de charriage cesse parfois d'être

---

(1) Voir surtout L. Mrazec et I. Popescu-Voitesti, *Contribution à la connaissance des nappes du flysch carpathique en Roumanie* (*Annuaire de l'Institut géol. de Roumanie*, 5, fasc. 2, 1911, p. 1-33).

horizontale et même, localement, se redresse beaucoup. Il est frappant aux environs de Tulghesch, en raison de deux faits indéniables : le premier de ces faits est l'allure le plus souvent horizontale du Cristallin; le deuxième est la superposition, dans ce Cristallin, du terme le plus métamorphique (micaschistes, gneiss et granite) à un étage, moins métamorphique, de phyllades, de chloritoschistes et de marbres.

Plus à l'Ouest, la nappe des Bucegi, accidentée de replis qui se couchent vers l'Est, forme les massifs des monts Perschani et Fogarasch. L'altitude de ces derniers s'élève jusqu'à plus de 2500^m; on peut penser cependant que cet énorme massif de terrains cristallins repose sur le Crétacé, car, sur le versant Nord, et non loin du bord de la plaine, on observe l'émergence de sources salées qui semblent monter d'une région mylonitique des gneiss. Si l'on admet la pénétration jusque-là de la zone du Flysch sous le Cristallin, l'avancée totale de la nappe, dans le profil Fogarasch-Braschov, ne serait pas inférieure à 80^{km}.

Dans les Carpathes méridionales à l'ouest de l'Olt, nous avons visité le bassin oligocène de Petroschani où l'on exploite de riches gisements de charbon. Le Cristallin, semé de lambeaux mésozoïques, qui supporte cet Oligocène, nous a montré de nombreux indices de charriage. Au sud de Lupény passe une large zone mylonitique, plongeante sous l'Oligocène, interprétée par L. Mrazec et M. Murgoci comme la base de la nappe cristalline, dont le substratum, ici, est une autre série cristalline, sûrement autochtone. L'Autochtone se prolonge, au Sud-Est, par le massif du Paring, et au Sud par l'énorme massif de gneiss, d'amphibolites et de granite où le Jiu a creusé son étroite vallée. Je ne crois pas que cet Autochtone du Jiu apparaisse en *fenêtre*, comme le pensait Murgoci; il est, pour moi, le bord même de la zone du Flysch, bord où le Crétacé manque.

Enfin, aux Portes de fer, on voit des terrains cristallins *flotter* sur les couches de Sinaïa. Le lambeau cristallin qui flotte ainsi sur le Crétacé inférieur se prolonge au Nord jusqu'aux environs de Baia de Arama. Je pense que l'on est ici, comme à Lupény, sur le bord de la zone du Flych et que le lambeau cristallin en question appartient à la nappe cristallino-mésozoïque, que nous aurions suivie, de la sorte, depuis les monts Hagimasch jusqu'au Danube. D'après M. V. Petkovitch, la nappe se poursuivrait au delà du Danube, en territoire serbe, et l'on verrait plusieurs témoins de terrains cristallins épars sur le plateau de calcaire jurassique.

De tout cela résulte pour moi la conclusion suivante, encore hypothétique et provisoire :

Il faut abandonner l'idée de comparer les Carpathes roumaines aux Alpes

et de suivre les nappes alpines jusqu'en Moldavie. Seules, les Carpathes occidentales, Tatra comprise, possèdent la structure alpine et prolongent les Alpes, comme Maurice Lugeon l'a dit il y a vingt-quatre ans.

Mais il est tout à fait vrai que la zone cristallino-mésozoïque des Carpathes roumaines s'est *largement* avancée sur la zone du Flysch, d'un mouvement d'ensemble dirigé de l'Ouest à l'Est. L'amplitude de ce mouvement est encore inconnue; elle peut très bien avoir atteint et même dépassé 100^{km}. La nappe en question a dû, dans sa partie haute, se replier sur elle-même en écailles multiples; mais, dans son ensemble, elle me paraît être *nappe du deuxième genre* et ne pas résulter d'un pli. Il ne faut donc pas parler de ses *racines*.

L'avancée s'est faite en plusieurs fois, par plusieurs paroxysmes tectoniques, dont le premier est antéaptien, le deuxième antésénonien, le troisième probablement priabonien, le quatrième postoligocène, le dernier contemporain du Pliocène supérieur. Ces mouvements ont déterminé les conditions stratigraphiques, d'abord, puis la tectonique, des deux zones extérieures; ils ont, en particulier, déterminé l'avancée en petites nappes, ou en *skibas*, de la zone du Flysch sur la zone néogène, et enfin, dans le Néogène, l'ascension des *diapirs*.

Cette longue histoire va sans doute se préciser rapidement, grâce aux efforts de nos collègues de Roumanie, de Pologne et de Tchécoslovaquie; et il y a tout lieu d'espérer que le Congrès de Prague, en 1930, promulguera la synthèse des Carpathes.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur la contamination naturelle du sol dans les cultures de* Phaseolus vulgaris. Note (¹) de M. **P.-A. Dangeard.**

La publication de mon Mémoire récent sur les tubercules radicaux des Légumineuses a montré une fois de plus le grand intérêt que présente pour la microbiologie et l'agriculture la question de la contamination du sol par les Bactéries.

J'ai choisi comme sujet d'expérience cette année le *Rhizobium Phaseoli*, dans lequel j'avais reconnu une espèce nouvelle bien caractérisée (²) : mon

---

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) P.-A. Dangeard, *Recherches sur les tubercules radicaux des Légumineuses* (*Le Botaniste*, 16ᵉ série, 1926, p. 1-266, Pl. I-XXVIII).

but était de reconnaître si le microbe existait naturellement dans le sol et dans la négative de chercher s'il existait des moyens pratiques de contamination.

La première expérience a été réalisée sur un terrain d'une contenance de 4 ares dans une vieille sapinière abandonnée ne contenant plus que des bruyères, des ajoncs, et quelques pieds de Bourdaine : aucune culture n'avait été faite à cet endroit depuis au moins une soixantaine d'années; on ne pouvait donc souhaiter un terrain vierge plus favorable.

Une moitié du terrain ainsi défriché, sans précautions particulières, a été consacrée à un semis de Haricots nains, alors que la seconde moitié comprenait un semis de ces mêmes Haricots nains, avec intercalation de pommes de terre : en admettant que le sol fût dépourvu des germes du *Rhizobium*, on pouvait se demander si les tubercules de pommes de terre n'en apporteraient pas suffisamment avec elles, avec le peu de terre qui les accompagne toujours.

Le semis des graines et la plantation des tubercules ayant eu lieu en juin 1927, je suis allé vers le milieu de juillet reconnaître l'état de la culture et, à partir de ce moment, jusqu'au 4 octobre, j'ai procédé à des arrachages réguliers portant sur une ou deux douzaines de plantules à des intervalles d'une quinzaine de jours.

Le temps pluvieux a favorisé cette expérience en empêchant les plantules de se dessécher, mais à la date du 4 octobre, beaucoup de pieds n'avaient pas de gousses, les plus favorisés en avaient deux ou trois : la récolte a été insignifiante.

Ce qu'il faut retenir, c'est qu'au cours des différents arrachages, aucun pied n'a montré de tubercules radicaux ; le 4 octobre, je me décide à procéder à l'arrachage de 130 plantules : le chevelu était sur la plupart des pieds assez normal avec de nombreuses et fines radicelles; après un examen très méticuleux, je n'arrive à trouver que deux pieds contaminés : l'un montrait un seul nodule, alors que le second en possédait deux, ils étaient voisins d'une touffe de pommes de terre.

On peut s'étonner qu'il n'y ait pas un apport plus grand de microbes provenant du voisinage des tubercules.

De cette culture on peut tirer cette conclusion :

Le *Rhizobium du Haricot est absent dans un sol vierge où la plante n'a pas été cultivée depuis longtemps.*

L'expérience suivante va nous en apprendre davantage.

Un terrain de tennis abandonné depuis une vingtaine d'années et resté inculte avec

genêts et plantes herbacées diverses gazonnantes a été défriché à la pelle sur un espace de 4 ares.

Dans une partie de cet espace, j'ai établi, à côté les unes des autres, trois planches renfermant chacune six lignes de semis, écartées les unes des autres de $0^{m},40$, ces planches étaient marquées A, B, C.

Je me suis occupé personnellement de toutes les opérations nécessitées par la plantation, afin d'être certain que toutes les précautions utiles seraient prises.

Ces trois planches ont reçu des graines de Haricots Soissons provenant de chez Vilmorin; ces graines ont été, comme à l'ordinaire, déposées au fond des sillons peu profonds.

Dans la planche A, ces graines ont alors reçu, distribuée à la volée dans le sillon, un peu de terre de jardin, naturellement contaminée par une culture précédente de Haricots.

Dans la planche B, on s'est contenté d'arroser avec un peu d'eau qui avait été agitée fortement avec cette même terre.

La planche C n'a reçu aucun apport étranger.

Les graines ont ensuite été simplement recouvertes par la terre provenant du sillon.

Pour donner plus de valeur à cette expérience, un second carré, situé dans le prolongement du premier et séparé également en trois planches A, B, C, a été contaminé de façon différente.

La planche A n'a rien reçu comme apport étranger.

La planche B a été arrosée avec l'eau de trempage de la terre du jardin.

La planche C a reçu au fond des sillons un peu de terre de jardin répandue à la volée.

Dans ce second carré, les haricots appartenaient à une variété naine désignée sous le nom de cent pour un.

Les résultats ont surpassé toute attente, tellement ils sont concluants.

La contamination a été rapide : 20 jours après le semis, les plantules avaient déjà sur leur système radiculaire des tubercules radicaux nombreux dans les planches contaminées, soit en A et B pour le premier carré, B et C pour le second carré.

Par contre, *il n'existait absolument aucun tubercule dans la planche* C *du premier carré et la planche* A *du second.*

A partir de ce moment, et jusqu'à la floraison, des arrachages réguliers de plantules ont eu lieu dans chacune des planches et les constatations ont été les mêmes : aucun tubercule dans les planches non contaminées; présence de nombreux tubercules radicaux sur toutes les plantules dans les planches ayant reçu un apport de microbe.

Il était impossible de faire une différence quelconque pour le nombre des tubercules par plantules, entre les planches contaminées par un semis de terre de jardin et celles qui avaient été simplement arrosées avec l'eau de trempage.

Les conclusions sont celles-ci :

1° *Le* Rhizobium *du Haricot n'existe pas dans un sol qui est resté inculte depuis plusieurs années ;*

2° *La contamination peut se faire aussi bien par l'apport d'un peu de terre provenant d'un endroit où le Haricot a été cultivé récemment, que par simple arrosage avec de l'eau de trempage de cette même terre.*

Si l'on veut se rendre compte de l'intérêt de cette dernière conclusion, il est nécessaire de rappeler les nombreux essais de contamination du sol au moyen de cultures artificielles du *Rhizobium.*

C'est Nobbe qui eut tout d'abord l'idée, en Allemagne, d'utiliser des cultures artificielles contenant sous un faible volume des milliards de germes : ce produit fut livré au commerce sous le nom de *nitragine ;* les essais entrepris avec la nitragine n'ont pas été concluants.

En 1904, Moore supposa que l'échec de la nitragine était dû au fait que les cultures de Nobbe étaient trop riches en composés azotés et il employa dans les siennes un liquide ne contenant que peu de nitrates; le liquide renfermant les microbes servait à imprégner des morceaux de coton qui étaient ensuite desséchés : la vitalité du microbe s'y conservait un an ou deux.

De novembre 1902 à novembre 1904, le Département d'agriculture des États-Unis avait distribué 12500 échantillons de ce coton contaminé avec les instructions nécessaires pour son emploi.

Depuis on a continué à livrer aux agriculteurs des produits semblables sous le nom de *nitro-bactérine.*

On ne peut s'empêcher de penser que l'expérience si concluante dont nous venons de donner les résultats aurait eu comme conséquence heureuse de rendre inutiles de si grosses dépenses dans le passé ; il faut espérer qu'en ce qui concerne l'avenir, elle servira tout d'abord à mieux diriger les recherches de nos agriculteurs.

En résumé, des cultures de Haricots réalisées en terrain inculte ont permis de constater :

1° Qu'un sol en jachère depuis plusieurs années ne renferme pas le *Rhizobium* du Haricot, producteur de tubercules radicaux ;

2° Que la contamination du sol par ce *Rhizobium* est des plus faciles par apport de terre contenant les germes du microbe ou plus simplement encore par arrosage avec l'eau de trempage de cette même terre.

Ces observations montrent l'inutilité des cultures artificielles de *Rhizobium,* connues sous le nom de nitragine ou de nitro-bactérine : on aurait évité des essais coûteux et décevants, si l'on avait su combien la contamination est facile à réaliser naturellement.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers.* Note (¹) de M. **Georges Claude.**

Il y a un an j'ai fait, au nom de M. Paul Boucherot et au mien, une Communication sur l'utilisation thermique des mers tropicales (²).

Je voudrais aujourd'hui, avec l'appui que me donnent tous nos essais de laboratoire, dire que rien jusqu'ici n'a infirmé nos espérances ou confirmé les multiples objections qui nous ont été faites.

L'une des principales et des moins fondées de ces dernières était que l'eau froide se réchaufferait inévitablement dans les conduites destinées à la ramener des grandes profondeurs. Si l'on considère cependant les grandes dimensions des tuyaux nécessaires, qui, pour les moindres installations envisagées, auront au moins 5^{m} de diamètre; le faible temps de séjour de l'eau dans ces tuyaux, soit moins d'une heure; l'énorme chaleur spécifique de cette eau; la nature des parois, qui, pour d'autres raisons, seront très probablement mauvaises conductrices de la chaleur, on trouve que dans les plus mauvaises conditions le réchauffement n'atteindra pas $0^{\circ},1$.

Mais ceci même n'indique pas encore à quel point l'objection est peu fondée; dans la réalité, l'eau devra parvenir à la surface plus froide qu'elle est partie du fond. En effet, puisée sous une pression de 100^{atm}, l'eau se décomprimera à mesure de sa montée, donc accomplira un travail extérieur qui la refroidira. Ce refroidissement, il est vrai, ne sera que d'environ $0^{\circ},25$, sauf variation éventuelle de l'énergie interne. Mais on voit que tel quel, il pourra l'emporter sur le réchauffement.

On a dit aussi que les tuyaux seraient démolis, non pas même par la tempête, mais par l'effort normal des marées ou des vagues. Or on sait quelle tranquillité conservent les couches sous-marines même par les plus violentes tempêtes. A 50^{m}, mettons 100^{m}, c'est le calme absolu, sauf peut-être l'effet des marées. Il n'y a donc qu'à protéger des actions mécaniques la partie des conduites comprises dans ces 100^{m}. Or, dans le cas des premières stations, qui seront nécessairement des stations côtières reliées aux profondeurs voisines par un tuyau s'enfonçant obliquement, il y a à cet égard un moyen radical. Il suffira de relier la station par un tunnel au point de profondeur 100^{m}, d'où partira la conduite.

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 929.

Quant à la technique même du procédé, on a objecté que l'écart inévitable entre la théorie et la pratique empêchera d'obtenir le moindre résultat des différences de températures très faibles dont on dispose. D'une part l'eau chaude donnera moins que les $0^{atm},03$ prévus, d'autre part l'eau froide donnera au condenseur bien plus que le $0^{atm},01$ escompté. Nos expériences montrent au contraire avec quelle remarquable fidélité, dans des conditions convenables, les résultats pratiques confirment les prévisions de la théorie. Des moyens appropriés permettront de réduire à très peu de chose les pertes de température et de pression, et en pratique, avec les températures de 26° à 28°, on dépassera largement 2 comme rapport de la pression initiale à la pression finale.

Venons-en maintenant à l'objection capitale, celle relative à l'extraction des gaz dissous.

En se basant sur les résultats obtenus dans les grandes stations à vapeur pour l'extraction des gaz dissous, on a cru pouvoir affirmer que, dans notre cas, il en coûterait 300 ou 400 pour 100 de l'énergie fournie par les turbines, et que par conséquent le procédé n'était pas viable.

On fait remarquer en effet que, dans les stations à vapeur, chaque kilowatt-heure est produit par la vapeur résultant de la vaporisation totale de 5^{kg} d'eau, et qu'il n'y a donc à expulser pour chaque kilowatt-heure produit que les gaz de 5^{kg} d'eau (la condensation étant supposée se faire par surface). Tandis que dans notre cas, les 50^{kg} de vapeur nécessaires pour produire le même kilowatt-heure utile mobiliseront (ce qui est vrai) les gaz de 12500^{kg} d'eau, soit 2500 fois plus. Or l'extraction des gaz dissous coûtant, dans les stations centrales, 0,1 à 0,2 pour 100 de la puissance des turbines, il en coûterait 250 à 500 pour 100 de la puissance des nôtres. On pourrait même pousser plus loin encore ce raisonnement.

Mais : 1° Ceux qui raisonnent ainsi reconnaissent que, si les pompes d'extraction mobilisent 0,1 ou 0,2 pour 100 de la puissance des stations centrales, c'est que les rentrées d'air par manque d'étanchéité sont ou peuvent être aisément énormes par rapport aux quantités infimes de gaz dissous, et que les pompes doivent donc être prévues beaucoup trop fortes.

Mais si les rentrées d'air peuvent être énormes devant des gaz dissous infimes, dans notre cas au contraire ces rentrées, fussent-elles 100 fois plus grandes, resteront négligeables devant 2500 fois plus de gaz dissous. En outre, les pompes nécessaires pour extraire ces masses importantes de gaz pourront être des compresseurs rotatifs, capables d'un excellent rendement, 50 pour 100 et plus, comme notre Confrère M. Rateau a bien voulu nous le

confirmer. Rien que cette considération, superposée au peu d'importance relative des rentrées d'air, réduit déjà de 500 pour 100 à 30 pour 100 la fraction de l'énergie à demander aux turbines.

2° C'est une erreur de supposer, comme on l'a fait jusqu'ici, qu'on aura à extraire du condenseur la totalité des gaz dissous.

Nous avons tout d'abord eu l'idée de profiter, en le favorisant par des moyens appropriés, du fait qu'une partie des gaz dissous se dégagera dans les colonnes barométriques qui, de préférence, conduisent l'eau chaude et l'eau froide aux chambres d'ébullition et de condensation. On recueillera ces gaz vers le haut de ces colonnes et on les refoulera de suite au dehors. Supposons que ces gaz soient recueillis au niveau 9^{m} au-dessus du niveau de la mer, soit sous la pression $0^{atm},1$. Ce refoulement de $0^{atm},1$ à 1^{atm} n'exigera qu'un travail proportionnel à $\log \frac{1}{0,1}$ ou 1, tandis que le refoulement depuis la chambre de condensation, c'est-à-dire depuis la pression 0,01, sera proportionnel à $\log \frac{1}{0,01}$ ou 2, et même 3 si l'on tient compte des 5 ou 6 volumes de vapeur qui diluent forcément chaque volume de gaz du condenseur, alors que des gaz sous $0^{atm},1$ en sont presque exempts. Ainsi, le refoulement des gaz depuis les colonnes barométriques coûtera 3 fois moins que depuis le condenseur.

Mais il n'y a qu'une partie des gaz dissous qui se dégagent dans les colonnes barométriques et qu'on peut retirer dans des conditions si fructueuses. Heureusement, nous avons remarqué que, surtout après ce dégazage partiel, l'eau n'abandonne le reste de ses gaz, même dans le vide bien plus parfait des chambres d'ébullition et de condensation, qu'avec difficulté. En nous évertuant à favoriser cette heureuse tendance par des moyens appropriés, nous avons réussi, sans nuire à l'efficacité de la condensation ni de l'ébullition, à réduire *au dixième* la fraction des gaz dissous à retirer effectivement du condenseur. En résumé, l'ensemble du travail d'extraction des gaz dissous tombera au quart de ce que coûterait l'extraction de la totalité des gaz depuis la chambre de condensation, de sorte que cette extraction ne coûtera en définitive que 7 à 8 pour 100 de l'énergie fournie par les turbines.

En ajoutant cette dépense au travail de pompage des eaux qui, de son côté, sera certainement moindre de 20 pour 100, on peut conclure que, sauf surprise du fait de la substitution de l'eau de mer à l'eau ordinaire seule employée dans ces essais, les $\frac{3}{4}$ de l'énergie fournie par les turbines resteront disponibles.

Nous avions dit $\frac{3}{5}$.

Ainsi, nos essais n'ont fait que renforcer des espérances, déjà basées d'ailleurs sur tous les arguments ci-dessus, bien que, parmi d'autres raisons, le manque de certitude ne nous ait pas permis alors de les mieux préciser.

Nous comptons expérimenter prochainement sur la Meuse, dans les conditions thermodynamiques mêmes de la pratique, une turbine de 50 kilowatts spécialement construite à cet effet. Si les résultats de ces essais sont conformes à notre espoir, nous serons prêts à aborder les difficultés du travail à la mer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un procédé de durcissement superficiel de l'acier.* Note de M. G. **Charpy**.

Le durcissement superficiel de l'acier, généralement produit par les opérations successives de cémentation et de trempe, a pu être réalisé récemment par la nitruration, en produisant à la surface du métal un composé naturellement dur, l'azoture de fer. On obtient un résultat analogue en provoquant la formation d'un carbure métallique, par action de produits carburants dans des conditions convenablement déterminées. Avec les aciers ordinaires, formés de fer et de carbone, le carbure utilisé est la cémentite, Fe^3C, qui présente, comme on sait, une dureté minéralogique considrable, et à la présence de laquelle la fonte blanche doit les qualités mécaniques spéciales qui la rendent inattaquable à l'outil. Avec les aciers contenant des éléments autres que le fer, on forme à la surface du métal des carbures doubles, ou du moins des carbures mixtes, ayant des propriétés analogues à celles de la cémentite.

J'ai indiqué antérieurement que de la limaille de fer pur, soumise à l'action de corps carbonés tels que l'oxyde de carbone, le cyanogène, les cyanures, etc., à des températures comprises entre 550° et 650° environ, se transforme intégralement en cémentite. Sur des pièces massives, la même réaction donne lieu à la formation d'une couche superficielle de carbure dont l'épaisseur augmente lentement. Je désignerai cette opération sous le nom de *carburisation* pour bien la distinguer de la cémentation, dans laquelle le carbone se dissout dans le fer en proportion graduellement croissante avec le temps.

La carburisation se produit dans les mêmes conditions avec les aciers spéciaux. Certains éléments, tels que le nickel ne paraissent pas intervenir

dans la réaction, mais ne gênent pas la formation du carbure de fer et le durcissement qui en résulte. D'autres éléments, notamment le chrome et le manganèse, se carburent eux-mêmes et il se forme, comme on l'a déjà dit plus haut, des carbures mixtes. Il faut seulement, dans chaque cas, déterminer les conditions les plus favorables, tant au point de vue de la température qu'au point de vue du réactif carburant employé.

La formation des carbures qui peut être constatée à des températures peu supérieures à 500° se produit alors avec une vitesse très faible; cette vitesse augmente rapidement quand la température s'élève, mais ce n'est qu'au-dessus de 600° qu'on arrive à des valeurs pratiquement utilisables, correspondant à la transformation de plusieurs centièmes de millimètre d'épaisseur en une heure.

D'autre part, les carbures se décomposent au-dessus de températures qui varient avec leur composition, mais qui sont toujours voisines de 700° et paraissent d'ailleurs en relation avec les points critiques des aciers de même composition. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point, notant seulement aujourd'hui que la carburisation doit être faite, pour éviter toute décomposition du carbure, à une température qui ne dépasse jamais sensiblement 650°. On peut noter que cette température est celle du revenu qui pour la plupart des aciers usuels donne le maximum de résilience; cependant, pour les aciers extra-doux, on peut observer, dans certains cas, un commencement de cristallisation par recuit. La carburisation s'appliquera donc, de préférence, à des aciers demi-durs, ce qui peut être considéré comme un avantage.

En ce qui concerne la nature du corps carburant, on a une grande latitude. Avec les aciers ordinaires, comme avec le fer pur, la plupart des céments usuels conviennent, les gaz contenant des proportions élevées d'oxyde de carbone, de carbures d'hydrogène, de cyanogène, etc. Avec les aciers spéciaux, notamment ceux contenant du chrome ou du manganèse, il faut tenir compte de ce que les céments oxygénés peuvent transformer ces corps en oxydes tout en carburant le fer. Il est donc préférable d'employer soit des carbures d'hydrogène, soit des bains salins à base de cyanures ou de ferrocyanures, et même, simplement, du cyanure de potassium fondu qui ne s'altère que très lentement à la température de 650°.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure à l'Observatoire d'Alger.* Note de M. **Gonnessiat.**

A l'Équatorial coudé, M. Lagrula a substitué au micromètre une chambre noire pourvue d'un obturateur à grande vitesse, et couvert l'objectif d'un écran à faces parallèles en verre rouge orangé, d'une ouverture de 18^{cm}.

Il a obtenu, dans d'assez bonnes conditions atmosphériques, 20 clichés, dont les mesures et la discussion qui s'ensuivra conduiront certainement à des résultats très précis.

A l'Équatorial photographique, M. Gonnessiat a observé les contacts avec la lunette visuelle : ouverture 18^{cm}, grossissement 250. L'image du Soleil était très ondulante.

Voici les heures notées, et leurs écarts avec les valenrs calculées :

			[O — C].
Contact intérieur...............	$8^h 28^m 7^s$	T. U.	-20^s
Contact extérieur...............	$8^h 29^m 41^s$		-26^s

Un léger ligament noir est apparu 6 secondes avant le contact intérieur. On n'a pas aperçu la planète après sa sortie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfates de sesquioxydes acétylés.* Note [1] de M. **A. Recoura.**

Dans des Notes antérieures [2] j'ai fait connaître quelques résultats de l'étude que j'ai entreprise de l'action de l'anhydride acétique sur les sels métalliques hydratés solides. J'ai fait voir que, quand on abandonne dans un flacon fermé un sel métallique hydraté, finement pulvérisé, en contact avec un grand excès d'anhydride, le premier effet de l'anhydride est d'arracher au sel solide les molécules d'eau les moins solidement attachées. La déshydratation du sel peut être complète; dans ce cas le phénomène ne va pas plus loin. Mais le plus souvent certaines molécules d'eau du sel, plus solidement combinées que les autres, résistent à l'action déshydratante de l'anhydride et restent attachées au sel. Mais alors ces molécules d'eau, par

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2217, et **183**, 1926, p. 719.

leurs valences résiduelles, fixent des molécules d'anhydride et l'on obtient un composé triple, formé de sel anhydre, d'eau et d'anhydride acétique. Ce sont des composés de ce genre dans lesquels des molécules d'anhydride prennent la place de molécules d'eau disparues, que j'appelle des *sels acétylés*. Je vais faire connaître les résultats que j'ai obtenus avec quelques sulfates de sesquioxydes.

Sulfate ferrique acétylé. — L'action de l'anhydride acétique sur le sulfate ferrique présente un intérêt particulier, en ce sens qu'elle vient confirmer les faits que j'ai établis autrefois au sujet de la constitution du sulfate ferrique. J'ai établi (¹) l'existence de plusieurs variétés de sulfate ferrique ayant des propriétés très différentes. Les deux plus fréquentes sont deux variétés isomères $Fe^2O^3, 3SO^3, 9H^2O$, le sulfate jaune et le sulfate blanc, qui sont susceptibles de se transformer l'une dans l'autre.

Le sulfate jaune se comporte comme une combinaison assez peu stable de sulfate basique et d'acide sulfurique. Ce sulfate basique qui a pour composition brute $Fe^2O^3, 2,57SO^3, 2,57H^2O$, c'est-à-dire vraisemblablement $Fe^2O^3, 2,57SO^4H^2$, ou $(Fe^2O^3, 3SO^4H^2)^6Fe^2O^3$ joue, comme je l'ai fait voir, un rôle fondamental dans toute l'histoire du sulfate ferrique. Le sulfate jaune aurait pour constitution $(Fe^2O^3, 2,57SO^4H^2)0,43SO^3 + Aq$ ou $[(Fe^2O^3, 3SO^4H^2)^6Fe^2O^3]3SO^3 + 45H^2O$, c'est-à-dire

$$(Fe^2O^3, 3SO^3, 9H_2O)^7.$$

Il se transforme dans les conditions que j'ai indiquées en sulfate blanc.

Le sulfate blanc est beaucoup plus stable. On peut le considérer comme la forme normale du sulfate ferrique hydraté. Il diffère en outre du sulfate jaune en ce que, tandis que celui-ci est immédiatement soluble dans l'eau, il ne s'y dissout qu'avec lenteur, en se dédoublant, d'ailleurs.

J'ai fait agir l'anhydride acétique sur le sulfate blanc solide

$$Fe^2O^3.3SO^3.9H^2O$$

dans les conditions habituelles. Quelle que fût la durée du contact, depuis trois semaines jusqu'à un an, j'ai toujours obtenu le même résultat, c'est-à-dire un composé jaune mastic qui, conservé dans une atmosphère d'anhydride acétique, a la composition brute :

$$Fe^2O^3.3SO^3.2,57H^2O + 0,43(C^2H^3O)^2O$$

ou

$$(Fe^2O^3.2,57SO^4H^2)0,43SO^3 + 0,43(C^2H^3O)^2O,$$

(¹) *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, 9, 1907, p. 263.

c'est-à-dire

$$[(Fe^2O^3.3SO^4H^2)^6Fe^2O^3]3SO^3 + 3(C^2H^3O)^2O,$$

c'est-à-dire, qu'au contact de l'anhydride, le sulfate blanc s'est transformé dans son isomère le sulfate jaune, qui, perdant la totalité de son eau d'hydratation, a fixé trois molécules d'anhydride. Et ce qui confirme qu'il en est bien ainsi, c'est que le composé acétylé est, comme le sulfate jaune, immédiatement soluble dans l'eau, tandis que le sulfate blanc, dont j'étais parti, était très lentement soluble.

Contrairement à ce qui a lieu pour les autres sels acétylés que j'ai déjà étudiés, sorti de l'atmosphère d'anhydride, il perd rapidement, même dans une atmosphère sèche, ses trois molécules d'anhydride, ce qui s'explique par le fait que celles-ci ne sont pas retenues, comme dans les autres sels, par le voisinage de molécules d'eau. Replacé dans une atmosphère d'anhydride, il fixe à nouveau trois molécules d'anhydride.

Alun ferrique ammoniacal acétylé. — L'alun ferrique en poudre fine, mis en contact avec l'anhydride acétique, dégage une grande quantité de chaleur. Pour éviter l'élévation de température qui, en amenant une déshydratation trop grande, empêcherait l'union de l'anhydride et de l'alun, on maintient la température à 0° au moyen de glace pendant les premières heures. On laisse en contact une vingtaine de jours. Le produit est essoré rapidement, étendu sur une plaque poreuse et conservé dans une atmosphère d'anhydride.

On obtient ainsi un produit jaune paille très clair, presque blanc, qui n'est généralement pas pur; il renferme toujours un petit excès de Fe^2O^3; déduction faite des impuretés, la composition du produit est

$$Fe^2O^3.3SO^3.(AzH^4)^2SO^4.H^2O.3(C^2H^3O)^2O.$$

Exposé à l'air libre, il perd la totalité de l'anhydride. Conservé dans une atmosphère sèche, il perd très rapidement deux molécules d'anhydride, la troisième, très lentement.

L'alun préalablement déshydraté à $4H^2O$, ne fixe pas d'anhydride.

L'alun ne se comporte donc pas du tout comme le sulfate vis-à-vis de l'anhydride. C'est en effet un sel d'une constitution tout à fait différente.

Alun aluminique ammoniacal acétylé. — L'alun d'ammoniaque se comporte très sensiblement comme l'alun ferrique. L'alun en poudre fine est mis en contact avec un excès d'anhydride dans un flacon fermé. Pour éviter une trop grande élévation de température, le flacon est entouré d'eau froide et conservé un mois environ. Le produit essoré rapidement est étendu sur

une plaque de porcelaine poreuse et conservé dans une atmosphère d'anhydride. On l'analyse de temps en temps jusqu'à ce qu'il ait acquis une composition constante qui est $Al^2 3SO^4$, $(AzH^4)^2SO^4$, $2H^2O$, $3(C^2H^3O)^2O$. A noter qu'à la longue le sulfate d'ammonium est attaqué par la vapeur d'anhydride.

Le produit exposé à l'air libre perd la totalité de l'anhydride. Conservé dans l'air sec, il perd rapidement deux molécules, la troisième avec une extrême lenteur. Le produit qui a perdu de l'anhydride, replacé dans une atmosphère d'anhydride, se recombine avec lui, mais très lentement.

Sulfate d'aluminium acétylé. — Le sulfate d'aluminium $Al^2 3SO^4$, $15H^2O$, en poudre fine est mis en contact avec un excès d'anhydride dans un flacon fermé pendant une dizaine de jours. (Au delà de ce temps le sulfate d'aluminium est attaqué par l'anhydride.) Le produit essoré rapidement est étendu sur une plaque de porcelaine poreuse et conservé dans une atmosphère d'anhydride. Il a pour composition $2(Al^2 3SO^4)$, $6H^2O$, $3(C^2H^3O)^2O$.

Exposé à l'air libre il perd la totalité de l'anhydride. Conservé dans l'air sec, il perd très rapidement une molécule d'anhydride. La seconde se détache très lentement. Au bout de trois ans il conserve encore une molécule.

HYDROGÉOLOGIE. — *Les eaux souterraines, cause principale de l'inclinaison du campanile de Pise : Comment assurer sa stabilité ?* Note (1) de M. **Ed. Imbeaux.**

Le campanile de Pise, commencé en 1174 et terminé en 1350, paraît avoir penché vers le Sud dès sa construction. L'inclinaison a augmenté progressivement : ainsi depuis 1817 le surplomb de la septième corniche a augmenté en moyenne de 2mm par an (une partie de l'affaissement aurait résulté des épuisements faits en 1838 et 1839 pour étudier les fondations à leur base), dont spécialement 8mm,3 de 1914 à 1927, soit de 1mm par an pour cette dernière période. Le mouvement continuant toujours, quoique lentement, on peut craindre l'écroulement à un moment donné, et c'est pourquoi la Municipalité de Pise a nommé une Commission de savants pour étudier les causes du mal et les moyens de l'arrêter en assurant la stabilité de la tour dans l'avenir.

(1) Séance du 7 novembre 1927.

Le premier rapport de cette Commission est du 20 juillet 1927 : j'en tire les renseignements ci-après et, des causes probables, je crois pouvoir conclure à un remède très sérieux, et en tout cas ne compromettant en rien la situation actuelle.

La tour est une colonne à huit étages, d'une hauteur totale de $57^{m},035$ entre le dessous du pied externe du massif de fondation côté nord (—0,330) et le dessus de la dernière plate-forme (56,705) du même côté : par suite du dévers, le point correspondant côté sud est à 55,803 seulement, tandis que le pied externe du massif de fondation de ce côté est à la cote (—1,78), soit $1^{m},43$ plus bas qu'au nord.

Le vide intérieur a un diamètre de $7^{m},65$ environ; l'épaisseur de la maçonnerie pleine entre la première et la sixième corniche est d'environ $2^{m},47$, tandis qu'entre la première corniche et le dessus du massif de fondation, elle est de $4^{m},12$. Enfin, ce massif, qui va en s'élargissant intérieurement et extérieurement, a $7^{m},365$ d'épaisseur de couronne, avec un vide intérieur de $4^{m},65$ de diamètre (le cercle extérieur ayant $19^{m},25$); la hauteur de ce socle est de $2^{m},70$ à $2^{m},80$, dont les derniers $0^{m},40$ à la base sont en maçonnerie de pierres sèches.

Le sol de fondation est constitué, d'après Canavari par :

1° Des couches remaniées ou en place, sableuses et argilo-sableuses, allant jusqu'à $4^{m},50$ ou $5^{m},50$ de profondeur et contenant la nappe aquifère (phréatique) dans laquelle plonge le socle.

2° Une couche d'argile gris jaunâtre de 1^{m} à $2^{m},50$ d'épaisseur.

3° Des couches argilo-sableuses et sableuses à éléments fins, jaunâtres ou verdâtres, parfois tourbeuses, jusqu'à la profondeur de $10^{m},50$ à 11^{m}, contenant une nappe artésienne.

4° Enfin l'argile bleue compacte, avec coquilles d'origine marine ou saumâtre (*Cardium edule* notamment), dans laquelle il aurait fallu établir les fondations pour avoir un terrain un peu consistant et non délayé par les eaux souterraines. Celles-ci ont un courant lent vers la mer et entraînent sans doute des matériaux fins qui laissent du vide; de plus, il y a des sources qui se font jour au pied du monument et dont la vitesse ascensionnelle a été évaluée à 7^{cm} par seconde; enfin on a procédé tant à la première construction qu'en 1838-1839 à des épuisements (plus intenses du côté sud).

La pression dans les maçonneries de la tour est élevée : Cuppari donne les maxima de $15^{kg},3$ par centimètre carré au plan de pose des plinthes du premier rang (1), et $10^{kg},12$ sur le sol des fondations. En présence d'un sol peu

(1) Des expériences faites sur des cubes de marbre des colonnes ont montré qu'ils résistaient à la compression de 924 à 1254^{kg} au centimètre carré.

consistant et imbibé d'eau en mouvement, il n'est pas étonnant que la tour se soit enfoncée, et inégalement : alors que le sol ancien à l'emplacement du campanile était à la cote 3,279 et que la place actuelle est à 2,75, on a autour du socle une dépression en cuvette pavée de $24^{m},30$ de diamètre ayant l'extrémité nord de son diamètre à la cote 2,72 et l'extrémité sud à la cote 0.

L'inclinaison actuelle du monument, mesurée sur la ligne nord-sud entre la projection horizontale du centre de la première corniche et celle de la septième est de $3^{m},248$, soit pour une hauteur de $35^{m},10$ un angle de $5^{\circ}17'12''$ avec la verticale : pour la hauteur totale de 57^{m}, le surplomb serait de $5^{m},27$.

D'après cela, la principale cause [1] de l'inclinaison progressive de la tour de Pise paraissant être dans la présence de l'eau en mouvement, laquelle produit des vides et ramollit le sol sous les fondations, il faudrait pouvoir :

1° Faire cesser tout écoulement des eaux souterraines;

2° Consolider le terrain par exemple en injectant du ciment dans les vides de la maçonnerie sèche et dans les pores du sol (à la place de tout ou partie de l'eau). Ceci exclut toute solution qui recourrait à des épuisements ou à un abaissement du niveau des nappes aquifères; d'autre part des injections de ciment faites de prime abord risquent de voir le ciment en partie entraîné par l'eau, et de se buter contre des couches argileuses non absorbantes.

Le procédé qui me paraît le plus capable d'obtenir *sans risque aucun* le résultat cherché est celui de la *congélation* du sol, déjà employé maintes fois avec succès pour foncer des grands puits de mines au travers des nappes aquifères.

Supposons que suivant une circonférence extérieure au socle de fondation, par conséquent de 20^{m} environ de diamètre, nous enfoncions des tubes à saumure descendant jusque dans l'argile bleue et assez rapprochés pour congeler le terrain; puis enfonçons d'autres tubes semblables suivant une autre couronne extérieure à 3^{m} de la première, soit de 26^{m} de diamètre. Nous aurons ainsi un bloc congelé circulaire dans lequel il sera facile d'établir, *sans épuisements* entre les deux couronnes de tubes à froid, un mur en

---

(1) On a pensé aussi à incriminer les tremblements de terre dont un très fort le 14 août 1846; mais Cicconetti en 1920 n'a trouvé aucun effet du tremblement de terre qui eut lieu alors. Cela n'expliquerait pas d'ailleurs la continuité du mouvement.

béton (de 2m d'épaisseur) descendu jusque dans l'argile bleue à *Cardium* et bien relié à elle. Ce mur enfermera les fondations du campanile dans une enceinte étanche où l'eau ne pourra plus ni pénétrer (elle passera latéralement), ni circuler, et l'on pourra alors dans cette enceinte faire toutes injections utiles de ciment sous pression, notamment en faire pénétrer dans l'assise de 0m,40 de pierres sèches de la base du socle. J'ajoute que pour ne produire aucun vide dans le terrain, on laisserait en place la congélation terminée, les tubes de la couronne intérieure que l'on remplirait de béton; on pourrait retirer ceux de la couronne extérieure.

Ce procédé me paraît ici plus sûr que l'emploi de l'air comprimé (on pourrait songer à foncer ainsi un grand caisson cylindrique permettant d'établir le mur circulaire en question ou une succession de caissons partiels), parce que ce dernier en refoulant l'eau pourrait entraîner certains mouvements: au contraire la congélation ne changera rien dans le sol et le consolidera plutôt. On assurera donc ainsi le maintien de la situation actuelle et l'arrêt du mouvement, sans qu'on ait à faire la très grosse opération que serait la reprise totale de la tour en sous-œuvre sur au moins 11m de profondeur, opération qui ne pourrait se faire que par petites parties successives, par exemple par secteurs de 2m de largeur diamétralement opposés (pour ne pas rompre l'équilibre des conditions d'un côté à l'autre). Si, ultérieurement et malgré tout, il fallait en venir à cette opération, elle se trouverait grandement facilitée à mon avis par la création du grand mur périphérique étanche que je propose en somme aujourd'hui de foncer par congélation, comme un puits de mine de 21m de diamètre intérieur, sur 11 à 12m de profondeur.

Les ingénieurs ou entrepreneurs que tenterait le problème peuvent envoyer leurs propositions à la Municipalité de Pise.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La destinée des noyaux mâles dans la fécondation croisée des œufs immatures de Triton.* Note [1] de M. E. **Bataillon.**

Les observations qui suivent ont été faites au cours d'une étude des croisements entre Urodèles.

La fécondation au sperme légèrement bromuré donne jusqu'à 80 pour 100 de clivages normaux et d'embryogenèses régulières, dans les combinaisons

[1] Séance du 7 novembre 1927.

Molge palmata ♀ × *M. alpestris* ♂, *M. palmata* ♀ × *M. marmorata* ♂. *Au bout de 23 heures*, on aperçoit, sur certains œufs restés inertes en apparence, des taches qui marquent la trace des spermatozoïdes engagés. L'aire polaire est restée claire.

Deux œufs du second croisement nous révèlent une belle uniformité de structure. Nous comptons sur l'un 5, sur l'autre 6 noyaux spermatiques. Le deuxième fuseau de maturation est bien constitué, avec une douzaine d'anses chromosomiques grenues et *déjà clivées*. Tous les noyaux mâles *sauf un* sont à l'état de *mitoses monocentriques* d'une rare perfection. Leurs chromosomes repliés ont leurs limbes rectilignes, homogènes et vigoureusement tracés, rejetés en dehors sur les rayons de l'aster. La même allure va devenir distinctive sur le dernier système. Ici, c'est un fuseau mitosique normal à la surface, sans radiations et simulant, à s'y méprendre, une *figure polaire*. Sur toutes ces mitoses mâles (monasters et mitoses bipolaires anastrales) *les chromosomes ne montrent pas trace de clivage;* toutes sont d'ailleurs périphériques.

Dans la première combinaison (*M. palmata* ♀ × *M. alpestris* ♂) nous relevons deux dispositifs plus simples. Sur un de ces œufs (de 23 heures) l'unique noyau mâle a fourni une mitose sans radiations, analogue à la figure polaire (ses chromosomes mal orientés ne sont point clivés). Un autre œuf est également monospermique; mais le noyau mâle, engagé à une certaine profondeur n'est point en mitose : gonflé à la base, il a encore sa pointe compacte; il n'y a pas le moindre indice d'activité cytoplasmique à son niveau. Or la deuxième mitose maturatrice n'est qu'en prophase : ses chromosomes sont épars et non clivés.

Il semble bien que, sur ces œufs d'Urodèles, la période d'immaturité *physiologique*, compatible avec la résolution nucléaire décrite ci-dessus, soit très limitée. A la deuxième prophase de maturation, ce serait encore l'inertie des noyaux mâles, constatée à l'origine sur l'œuf d'Oursin par les Hertwig en 1887.

Plus tard dans la saison, j'ai repris le même croisement *M. palmata* ♀ × *M. alpestris* ♂ en triant des œufs de la partie supérieure des conduits. Un œuf de 18 heures (resté en panne) présente une véritable constellation de *mitoses monocentriques* dont les chromosomes ont l'allure habituelle, ou bien sont fragmentés irrégulièrement; ils aboutissent sur certaines figures à des vésicules qui se fusionnent, s'éclaircissent et s'effacent. Ce sont certainement ces stades de régression qui ont donné à Braus (1895) l'illusion d'une division directe. Mais au milieu de ces monasters de tout âge, il y a

des noyaux gonflés munis de leur membrane et même des têtes spermatiques homogènes. L'invasion des spermies s'est certainement prolongée.

Inévitablement, nous nous reportons aux beaux résultats obtenus par Brachet (¹) sur les œufs immatures d'Oursin. Nos têtes spermatiques ont bien pris « la constitution morphologique de la chromatine de l'œuf dans lequel elles sont logées ». Même bien préparée, la deuxième mitose polaire de nos œufs immatures ne s'achève pas plus dans l'eau douce que celle des œufs d'Oursin dans l'eau de mer. Enfin, si les poussées spermatiques successives de Brachet sont plus difficiles à saisir, l'invasion prolongée que nous signalons prouve encore que notre matériel est réfractaire à l'activation.

Le cas des Urodèles a ses particularités :

1° La plus impressionnante est l'apparition de ces *mitoses bipolaires anastrales, vrais simulacres de cinèses maturatrices*. C'est là que la condition du noyau mâle s'harmonise parfaitement avec celle du noyau femelle.

2° Non moins remarquables sont nos *mitoses mâles monocentriques*, aussi schématiques au début de leur régression qu'à l'origine.

3° *Si limitée qu'elle soit, l'évolution de nos systèmes mâles a ses étapes*, qui émergeront encore à l'étude d'un stade plus jeune.

4° Enfin, *ces deux types anormaux de Stéréomitoses* fournis par le noyau mâle dans une condition plasmatique qui fait obstacle à l'épanouissement et à la division du spermaster, ces deux types *sont les mêmes que nous relèverons pour l'œuf activé d'Urodèle sur le pronucleus femelle* dépourvu de centre.

Mais nos mitoses mâles d'œufs immatures sont *figées* par une condition de milieu spéciale, et *leurs chromosomes ne se scindent jamais;* tandis que les mitoses d'activation du pronucleus femelle (au moins dans le cas du monaster) peuvent se répéter un certain temps, doublant à chaque cycle leur assortiment chromosomique.

Remarque. — Bien que tous les cas étudiés soient tirés de deux croisements, ma conviction est qu'ils se retrouveront dans la fécondation pure. Les incompatibilités idioplasmiques paraissent très limitées chez les Urodèles. Non seulement le pourcentage des larves hybrides atteint couramment celui des produits de fécondation pure, mais beaucoup de ces hybrides semblent pouvoir être conduits à l'âge adulte.

(¹) A. Brachet, *Recherches sur la fécondation prématurée de l'œuf d'Oursin* (*Arch. de Biol.*, 32, 1922, p. 205-248).

Il s'agit de *vrais bâtards*, issus d'une amphimixie constatée, et qui présentent des caractères paternels éclatants.

Aux deux hybrides connus (celui de Blasius, et celui de Poll : *M. tæniata* ♀ × *M. cristata* ♂) je puis ajouter les suivants qui entrent actuellement dans leur huitième mois : *M. palmata* ♀ × *M. marmorata* ♂; *M. palmata* ♀ × *M. alpestris* ♂; *M. palmata* ♀ × *M. cristata* ♂; *M. alpestris* ♀ × *M. marmorata* ♂.

En offrant à l'Académie(1) la troisième édition, qui vient de paraître, de son livre intitulé : *Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques*, M. **d'Ocagne** dit que, tant par le profond remaniement des parties conservées de la précédente édition que par les nombreuses additions introduites dans la nouvelle, celle-ci constitue, à proprement parler, un Ouvrage nouveau donnant une vue d'ensemble, exactement mise au point, de tous les procédés, d'une extrême variété, qui ont été tirés de la géométrie et de la mécanique, en vue de suppléer au calcul numérique pour les besoins des diverses branches de la science ou de la technique.

Dans cette nouvelle édition, l'Ouvrage est divisé en cinq Chapitres correspondant aux cinq classes définies dans la Communication faite par l'auteur à l'Académie le 18 janvier 1926, en lesquelles il est parvenu à ranger tous les procédés en question : *calcul mécanique* (instruments et machines arithmétiques); *calcul graphique* (algèbre, statique et intégration graphiques); *calcul graphomécanique* (intégromètres et intégraphes); *calcul nomographique* (abaques et nomogrammes); *calcul nomomécanique* (instruments et machines logarithmiques).

L'objet de l'Ouvrage peut être ainsi résumé : dire en quoi consistent tous ces procédés; exposer succinctement les principes généraux sur lesquels ils reposent; faire connaître le genre d'utilisation auquel peut plus particulièrement se prêter chacun d'eux; fournir enfin, en vue d'une étude plus approfondie de tel ou tel d'entre eux, des indications bibliographiques aussi complètes et précises que possible.

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

M. **Camille Sauvageau** fait hommage à l'Académie de mémoires *Sur le* Colpomenia sinuosa *Derb. et Sol.; Sur l'alternance des générations chez la* Nereia filiformis *Zan.; Sur le* Castagnea Zosteræ *Thur.*

M. **J. A. L. Waddell** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Quantities of Materials and Costs per Square Foot of Floor for Highway and Electric-Railway Long-Span Suspension Bridges.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection d'un membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *G. André* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Albert Calmette	obtient...........	46 suffrages
M. Émile Schribaux	»	2 »
M. Émile Demoussy	»	1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Albert Calmette**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

M. **Paul Marchal** est désigné par l'unanimité des 46 suffrages exprimés pour faire partie du *Conseil d'administration de l'Institut national agronomique* pendant une nouvelle période de trois ans.

M. **Gustave Ferrié** est désigné pour représenter l'Académie, le 25 novembre 1927, à la cérémonie commémorant à New-York le *deuxième centenaire de la mort de Newton.*

PLIS CACHETÉS.

M. **Henri Lalande** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 octobre 1927 et enregistré sous le n° 9890.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire sur le *Mécanisme de la karyokinèse*.

(Renvoi à l'examen de M. F. Mesnil.)

CORRESPONDANCE.

M. **Louis Roche** fait hommage à l'Académie pour la Bibliothèque de l'Institut des papiers de l'astronome *G. de Pontécoulant*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Université de Louvain à travers cinq siècles*. Études historiques publiées avec une introduction, par Léon van der Essen.

2° *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques et leurs applications*, par Paul Montel, recueillies et rédigées par J. Barbotte. (Présenté par M. E. Borel.)

3° *Diptères (Brachycères)* Asilidæ, par E. Séguy (fascicule 17 *de la Faune de France*.) (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° *Angola et Rhodesia* (1912-1914). *Mission* Rohan-Chabot. Tome IV, fascicule 3. *Insectes (Coléoptères et Hyménoptères) — Arachnides — Mollusques — Fougères*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

5° *Extension aux fonctions algébroïdes multiformes du théorème de M. Picard et de ses généralisations*, par Georges Rémoundos (Fascicule XXIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*).

6° *Rapport sur la politique française des carburants et l'activité de l'Office national des combustibles liquides pendant la période* 1925-*septembre* 1927, par Louis Pineau. (Présenté par M. Ch. Barrois.)

MM. **Léon Bertrand, Lucien Cayeux, Emm. de Margerie** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Minéralogie par le décès de M. *E. Haug*.

MM. **H. Humbert, A. Lwoff, H. Neuville** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'ensemble de tous les nombres algébriques entiers.* Note de M. **Eugène Cahen**, présentée par M. Hadamard.

L'étude de l'ensemble de *tous* les nombres algébriques entiers est très peu avancée. Elle diffère beaucoup de celle des entiers d'un corps algébrique, car il n'y a pas de nombres premiers; tout entier algébrique a des diviseurs qui ne sont pas des unités et qui ne lui sont pas associés; il en a même une infinité.

Voici la contribution que j'apporte à cette théorie.

J'appelle *plus petit multiple rationnel* (p. p. m. r.) d'un entier α, le plus petit entier ordinaire m qui soit multiple de α. J'appelle nombre *primaire* un entier algébrique dont le p. p. m. r. est puissance d'un nombre premier. Ceci posé :

Tout entier algébrique peut se mettre sous la forme d'un produit de facteurs primaires. Cette décomposition n'est possible que d'une seule manière (étant entendu que les facteurs primaires ne sont définis qu'à un facteur unité près, comme dans la théorie ordinaire des corps algébriques).

Resterait à étudier les nombres primaires.

Un nombre primaire dont le p. p. m. r. est p^k est égal à la puissance $k^{\text{ième}}$ d'un nombre primaire α dont le p. p. m. r. est p, mais α et k ne sont pas complètement déterminés, car par exemple si

$$\alpha = \pi^k$$

on a aussi

$$\alpha = \left(\pi^{\frac{1}{n}}\right)^{kn}.$$

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Généralisation d'un théorème de M. Bertini.* Note (¹) de M. G. NICOLADZÉ.

Le but de cette Note est d'établir un théorème sur les systèmes algébriques dont le théorème connu de M. Bertini (²) sur les systèmes linéaires n'est qu'un cas particulier.

Soit l'équation

$$F(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \ldots, \lambda_{p+1}) = 0, \tag{1}$$

où F est une forme homogène en x d'ordre n et en même temps une forme homogène en λ d'ordre m. Géométriquement, elle s'interprète dans un plan comme un système algébrique à p paramètres de courbes algébriques.

On peut encore écrire l'équation (1) :

$$(1')\quad \begin{cases} F(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \ldots, \lambda_{p+1}) = \sum\limits_{k_1,\ldots,k_m} \varphi_{k_1\ldots}(x_1, x_2, x_3)\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{k_m} = 0 \\ (k_1, \ldots, k_m = 1, \ldots, p+1), \end{cases}$$

où $\varphi_{k_1\ldots k_m}(x_1, x_2, x_3)$ désigne une forme en x d'ordre n; il est évident que l'ensemble des points communs à toutes les courbes $\varphi_{k_1\ldots k_m} = 0$ appartient à toutes les courbes du système. Appelons-le *la base* de ce système.

Supposons que la courbe particulière (λ_i^0) de ce système ait un point (x_i^0), multiple d'ordre (s) et soit $s > m$. Il est certain qu'alors on a $\lambda_i = \lambda_i^0$; $(i = 1, \ldots, p+1)$ et $x_i = x_i^0$; $(i = 1, 2, 3)$

$$(A_1)\ \frac{\partial F}{\partial x_{i_1}} = 0; \qquad (A_2)\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_{i_1}\partial x_{i_2}} = 0; \qquad \ldots; \qquad (A_{s-1})\ \frac{\partial^{s-1} F}{\partial x_{i_1}\ldots\partial x_{i_{s-1}}} = 0$$

$$(i_1, \ldots, i_{s-1} = 1, 2, 3).$$

Différentions l'équation (1). On obtient

$$\sum_{i=1}^{i=3} \frac{\partial F}{\partial x_i} dx_i + \sum_{i=1}^{i=p+1} \frac{\partial F}{\partial \lambda_i} d\lambda_i = 0. \tag{2}$$

Pour le point (x_i^0) de la courbe (λ_i^0), en tenant compte de (A_1), on a

$$\sum \frac{\partial F}{\partial \lambda_i} d\lambda_i = 0, \tag{3}$$

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) L. BERTINI, *Introduzione alla Geometria projettiva degli iperspazi*, Messina, 1923, p. 269.

ce qui veut dire que la courbe (λ_i^0) est une courbe exceptionnelle du système (1) parce qu'elle appartient à une famille $(p-1)$ dimensionnelle des courbes, déterminées par l'équation différentielle (3) et les conditions initiales (λ_i^0).

Supposons maintenant que la courbe (λ_i^0) soit une courbe générique du système (1). Il est évident que, dans ce cas, elle ne doit plus se distinguer de la plupart de ses courbes voisines et la famille exceptionnelle à laquelle elle appartient, au lieu de $p-1$, doit être p — dimensionnelle, c'est-à-dire que l'équation (3) doit être satisfaite identiquement, ce qui entraîne les expressions suivantes :

$$(4) \qquad \frac{\partial F}{\partial \lambda_i} = 0 \qquad (i = 1, \ldots, p+1).$$

Différentions les équations (A_1). En tenant compte de (A_2), on a alors pour (λ_i^0) et (x_i^0)

$$(5) \qquad \sum_{k=1}^{k=p+1} \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial \lambda_k} d\lambda_k = 0 \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Un raisonnement tout à fait analogue au précédent nous prouve que, dans le cas de la courbe (λ_i^0) générique, nous avons

$$(6) \qquad \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial \lambda_k} = 0 \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, 3 \\ k = 1, \ldots, p+1 \end{pmatrix}.$$

Différentions les équations (4). On obtient d'une façon analogue

$$(7) \qquad \frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_i \partial \lambda_k} = 0 \qquad (i, k = 1, \ldots, p+1).$$

En prolongeant l'opération de différentiation, on arrive aux équations suivantes :

$$(8) \qquad \frac{\partial^{s-1} F}{\partial x_{i_1} \ldots \partial x_{i_{s-m-1}} \partial \lambda_{k_1} \ldots \partial \lambda_{k_m}} = 0 \qquad \text{pour } (\lambda_i^0) \text{ et } (x_i^0).$$

Mais, d'après (1'), on a

$$(9) \qquad \frac{\partial^m F}{\partial \lambda_{k_1} \ldots \partial \lambda_{k_m}} = \varphi_{k_1 \ldots k_m}(x_1, x_2, x_3); \qquad \text{pour } (x_i^0).$$

Donc (8) devient

$$(10) \qquad \frac{\partial^{s-m-1}}{\partial x_{i_1} \ldots \partial x_{i_{s-m-1}}} \varphi_{k_1 \ldots k_m}(x_1, x_2, x_3) = 0 \qquad \text{pour } (x_i^0).$$

De la même façon on voit que toutes les dérivées partielles des

$$\varphi_{k_1 \ldots k_m}(x_1, x_2, x_3)$$

d'ordre inférieur à $s-m-1$ sont aussi nulles pour (x_i^0). Il s'ensuit que le point (x_i^0) est un point multiple d'ordre $s-m$ (au moins) de la base du système (1).

On a démontré ainsi le théorème suivant :

Un point multiple d'ordre s d'une courbe générique du système algébrique d'ordre m des courbes dans le plan est un point multiple d'ordre s — m (au moins) de la base de ce système.

L'extension de ce théorème aux surfaces et hypersurfaces est immédiate : il suffit de prendre $x_1, \ldots, x_{N+1}$ au lieu de x_1, x_2, x_3.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions analytiques multiformes par les fonctions algébriques.* Note [1] de M. **Miloch Radoïtchitch.**

Dans le problème de la représentation d'une fonction analytique générale $f(z)$ par une suite convergente de fonctions spéciales se présente une circonstance nouvelle si, en quittant le plan, on considère les fonctions multiformes. C'est qu'en général ces fonctions spéciales auront nécessairement des surfaces de Riemann qui sont plus simples que celle de $f(z)$. Donc, nous devrons d'abord définir une manière dont ces surfaces tendront, en se compliquant, vers la surface limite. Parmi les définitions que l'on pourrait choisir, nous en adopterons une qui, bien que simple, permet une généralisation naturelle de divers résultats connus, en fournissant en même temps une base théorique pour d'autres problèmes.

Désignons par $\Delta_n (n = 1, 2, \ldots)$ un domaine (d'une surface de Riemann) qui ne recouvre le plan qu'un nombre limité de fois et dont le genre, la connexité et la longueur de la frontière sont finis. Il est manifeste d'une part que tout domaine ouvert Δ d'une surface de Riemann peut être représenté comme limite d'une suite de domaines $\Delta_n (n = 1, 2, \ldots)$ où Δ_n est contenu dans Δ_{n+1}; d'autre part, que Δ_n peut être considéré comme appartenant à une surface de Riemann algébrique Σ_n. Il s'ensuit que Δ peut être représenté comme limite de domaines Δ_n contenus dans des surfaces algébriques Σ_n [2],

---

[1] Séance du 7 novembre 1927.

[2] En particulier, Δ est lui-même contenu dans une surface algébrique Σ; alors $\Sigma_n = \Sigma$.

et par conséquent que tout domaine fermé contenu dans Δ peut être considéré comme domaine de Σ_n, pour n assez grand. Nous exprimerons ce fait en disant que *les surfaces Σ_n contiennent à la limite le domaine Δ*. Ceci posé, nous démontrons le théorème suivant :

I. *Soit* D *un domaine ouvert d'une surface de Riemann; soit $f(Z)$* [1] *une fonction analytique dont la surface contient* D *et soit* D′ *un domaine ouvert contenu dans* D, *tel que $f(Z)$ y soit holomorphe, sauf au plus aux points de ramification algébriques dans* D′, *où $f(Z)$ est supposée continue.*

Il existe toujours une suite de fonctions algébriques dont les surfaces contiennent à la limite le domaine D *et qui convergent uniformément dans l'intérieur* [2] *de* D′ *vers $f(Z)$.*

En effet, en remplaçant Δ par D, désignons Δ_n par D_n et Σ_n par S_n, puis en remplaçant Δ par D′, désignons Δ_n par D'_n. Puisque D contient D′, nous pouvons supposer que D_n contient D'_n, de sorte que D'_n soit contenu dans S_n. Or, d'après des résultats bien connus de la théorie des fonctions algébriques, concernant le choix arbitraire des zéros et des pôles d'une fonction algébrique à surface donnée d'avance, il existe toujours une fonction algébrique de T, dont la surface est S_n et qui n'a dans D'_n qu'un pôle unique en $T = Z$, d'ordre $= 1$ et au résidu $= 1$, tandis qu'elle a, au point à l'infini sur chaque feuillet où ce point est intérieur à D'_n, des zéros doubles. Cette fonction étant algébrique aussi en Z, avec la même surface S_n, nous l'appellerons $\alpha_n(T, Z)$. En appliquant le calcul des résidus, nous en tirons

$$(1)\qquad f(Z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C f(T)\,\alpha_n(T, Z)\,dT \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

où C_n est la frontière de D'_n, et Z un point arbitraire de S_n situé dans D'_n. En exprimant que l'intégrale est la limite d'une somme, les formules (1) s'écrivent

$$(2)\qquad f(Z) = \lim_{\nu \succ \infty} A_{n,\nu}(Z) \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

où les $A_{n,\nu}$ désignent des fonctions algébriques. Il ne reste plus qu'à choisir une suite de nombres $\nu_n (n = 1, 2, \ldots)$, croissant assez vite pour que les fonctions $A_{n,\nu_n}(Z)$ $(n = 1, 2, \ldots)$ convergent dans tout point de D′, ce qui démontre notre proposition.

---

[1] z, t, ... désignant des variables du plan imaginaire, Z, T, ..., ces mêmes variables envisagées comme points de la surface considérée.

[2] C'est-à-dire, dans tout domaine fermé, contenu dans D′.

Citons quelques cas particuliers du théorème I :

1° En posant $D' = D$, on obtient le théorème suivant :

II. *Soit f (Z) une fonction analytique, holomorphe dans un domaine ouvert* D *d'une surface de Riemann, sauf au plus aux points de ramification algébriques de* D, *où f (Z) est continue. Il existe toujours une suite de fonctions algébriques dont les surfaces contiennent à la limite le domaine* D *et qui convergent uniformément dans l'intérieur de* D *vers f* (Z).

2° En posant pour D la surface de Riemann elle-même, et pour D′ le domaine d'existence de f, on trouve que :

III. *Soient f(Z) une fonction analytique,* S *sa surface de Riemann; il existe toujours une suite de fonctions algébriques dont les surfaces contiennent à la limite la surface* S *et qui convergent uniformément vers f* (Z) *à l'intérieur de tout son domaine d'existence.*

3° Si D fait partie d'une surface algébrique S′, le théorème I peut être précisé en posant $S_n = S'$. En particulier, si D est situé dans le plan, on obtient le théorème bien connu de M. Runge sur l'approximation d'une fonction analytique dans un domaine plan, par *les fonctions rationnelles.*

Remarquons que la fonction $A_{n,\nu_n}(Z)$ a toujours des pôles situés sur C_n, et que leur nombre croît avec n. Or, par des considérations analogues à celles de M. Runge, on voit comment, par un déplacement des pôles, la suite des A_{n,ν_n} peut être remplacée par une suite de fonctions algébriques plus simples.

ANALYSE VECTORIELLE. — *Les indices dans un champ de tenseurs. Généralisation de la courbure intégrale.* Note [1] de M. **Y. Rainich**, présentée par M. Hadamard.

Après que Poincaré avait appliqué la théorie des indices de Kronecker à l'étude de ce que nous appelons aujourd'hui un champ de vecteurs, cette théorie a été élaborée par plusieurs géomètres, mais, à ce que je sais, elle n'a pas été étendue jusqu'à présent à des champs plus généraux de tenseurs alternés. C'est précisément cette généralisation que je me propose de considérer dans cette Note pour le cas de l'espace à quatre dimensions, après une brève récapitulation des résultats connus.

1. Étant donné un arc AB dans un champ de vecteurs unitaires du plan,

---

[1] Séance du 7 novembre 1927.

nous le subdivisons par les points $A_1, A_2, \ldots, A_{n-1}$, nous désignons le vecteur du champ au point A_i par a_i, et nous formons la somme $\Sigma \widehat{a_{i+1} a_i}$ (l'expression $\overset{\wedge}{ab}$ dénote le produit alterné des vecteurs a et b; dans le cas des vecteurs unitaires, qui nous intéresse ici, $\overset{\wedge}{ab}$ est égal au sinus de l'angle des deux vecteurs). L'intégrale vers laquelle cette somme tend donne l'angle duquel le vecteur du champ a tourné quand nous avons passé de A à B. Si, au lieu de l'arc, nous prenons un contour fermé, nous avons 2π fois la somme des indices des singularités contenues dans la portion du plan limitée par le contour.

2. Dans le cas d'un champ de vecteurs unitaires dans l'espace ordinaire, divisons une surface donnée en triangles et formons la somme des produits alternés triples des vecteurs du champ déterminés par les sommets des triangles. La limite de cette somme est, dans le cas d'une surface fermée, l'intégrale de Kronecker-Picard et donne la somme des indices des singularités dans le volume limité par la surface.

3. Il n'est pas nécessaire que le champ de vecteurs soit défini en des points autres que les points de la surface. Ainsi, dans le cas d'une surface quelconque, nous pouvons considérer le champ formé par les vecteurs unitaires normaux à la surface. L'intégrale introduite dans 2 fournit maintenant la courbure intégrale de Gauss.

4. Après ces préliminaires qui ne contiennent rien d'essentiellement nouveau, nous allons considérer un champ de tenseurs alternés de l'espace à quatre dimensions : puisqu' un plan passant par un point donné peut être caractérisé par un tel tenseur, ce que nous trouverons sera applicable à une congruence de plans dans l'espace à quatre dimensions. Un tenseur en question est donné par les quantités F_{ij} sujettes aux conditions $F_{ij} + F_{ji} = 0$; six seulement de ces quantités sont indépendantes en général, F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{34}, F_{42}, F_{23}, ce qui donne à ce tenseur le nom *six-vecteur*. Un six-vecteur particulier qui satisfait aux conditions

$$F_{12} = \pm F_{34}, \qquad F_{13} = \pm F_{42}, \qquad F_{14} = \pm F_{23} \tag{1}$$

serait un *tri-vecteur* et nous dirons que deux tri-vecteurs qui satisfont aux conditions (1), avec les mêmes signes, sont du même type. Si les signes supérieurs valent pour un des deux tri-vecteurs et les signes inférieurs pour l'autre nous dirons que les deux tri-vecteurs sont des types opposés. (Ces

tri-vecteurs ont été considérés par Jordan sous une forme un peu différente (*Bull. Soc. math. de France*, 3, p. 173). Sans entrer dans la théorie intéressante de ces tri-vecteurs, nous ferons seulement deux remarques. La première est que trois tri-vecteurs du même type donnent lieu à un produit triple alterné, tout comme trois vecteurs de l'espace ordinaire; la seconde est qu'un six-vecteur général est la somme de deux tri-vecteurs déterminés de types opposés.

5. Étant donné un champ de tri-vecteurs unitaires de type constant dans l'espace à quatre dimensions et une surface (deux-dimensionnelle), formons la somme et passons à la limite précisément comme dans le cas de l'espace ordinaire, en utilisant les produits alternés mentionnés plus haut. Nous arrivons à la définition de l'indice pour un champ de tri-vecteurs dans l'espace à quatre dimensions. Les singularités doivent être ici, comme on le voit immédiatement, des *lignes singulières*.

6. Étant donné un champ de tenseurs alternés généraux (six-vecteurs), décomposons, en utilisant la seconde remarque du n° 3, chaque tenseur en la somme de deux tri-vecteurs des types opposés: multiplions chacun de ces tri-vecteurs par un nombre convenable qui en fait un tri-vecteur unitaire, formons les indices pour chacun des deux champs ainsi obtenus comme au n° 4. Nous parvenons ainsi à attribuer à chaque surface dans un champ de six-vecteurs *deux* nombres, *deux* indices. Il est aisé de voir que ces deux nombres peuvent prendre des valeurs indépendantes.

7. Pour considérer la généralisation de la courbure intégrale au cas d'une surface (deux-dimensionnelle) dans l'espace à quatre dimensions, nous prenons le champ constitué par les plans normaux à la surface. Nous obtenons deux intégrales qui sont des multiples de 4π. Nous avons donc deux nombres qui servent comme généralisation de la courbure intégrale. Pour une sphère ces deux nombres sont égaux. Il serait intéressant de construire une surface pour laquelle ils ont des valeurs différentes. En chaque point de la surface, nous avons deux nombres qui figurent sous le signe $\int$ dans les intégrales considérées; la demi-somme de ces deux nombres est la courbure totale de la surface au point en question.

MÉCANIQUE. — *Sur le centre des forces non parallèles.* Note [1] de M. **Kolossoff**, présentée par M. Mesnager.

Soit $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots, \vec{F}_n$ un système de forces, appliquées aux points M_1, $M_2, \ldots, M_n$ d'un solide. Appelons centre de ces forces le point C, défini par deux conditions :

$$(1) \qquad \Sigma\left(\vec{\rho}_k \vec{F}_k\right) = 0, \qquad \text{proj. } \Sigma\left[\vec{\rho}_k \vec{F}_k\right] \text{ sur } P = 0 \quad [2],$$

$\vec{\rho}_k = \overrightarrow{CM}_k$, P étant un plan perpendiculaire à $\Sigma\vec{F}_k = \vec{F}$.

Si tous les $\vec{F}_k$ sont parallèles, $\vec{\lambda}$ un vecteur unitaire parallèle aux forces, F_k les nombres mesurant les forces (positifs ou négatifs) suivant leurs sens par rapport à λ, nous pouvons écrire (1) sous la forme :

$$(2) \qquad \Sigma\left(\vec{\rho}_k F_k, \vec{\lambda}\right) = 0, \qquad \text{proj. } \Sigma\left[\vec{\rho}_k F_k, \vec{\lambda}\right] \text{ sur } P = 0,$$

d'où $\Sigma\vec{\rho}_k F_k = 0$. Soit O un point fixe (origine des coordonnées rectangulaires Ox, Oy, Oz) $\vec{r}_k = \overrightarrow{OM}_k$, $\vec{r}_c = \overrightarrow{OC}$

$$(3) \qquad \vec{\rho}_k = \vec{r}_k - \vec{r}_c \qquad \text{et} \qquad \vec{r}_c F = \Sigma \vec{r}_k F_k.$$

Considérons maintenant le cas général. On obtient de (1) au moyen de (3) :

$$(4) \qquad \left(\vec{r}_c, \vec{F}\right) = \Sigma\left(\vec{r}_k \vec{F}_k\right) \qquad \text{et} \qquad \left[\vec{r}_c \vec{F}\right] = \text{proj. } \Sigma\left[\vec{r}_k, \vec{F}_k\right] \text{ sur P}.$$

La première des équations (4) définit comme lieu géométrique de C un plan P à la distance $\frac{1}{F}\Sigma\left(\vec{r}_i \vec{F}_i\right)$ de O; la deuxième une droite parallèle à F à la distance $\frac{1}{F^2}\left[\vec{F}, \Sigma\left[\vec{r}_k \vec{F}_k\right]\right]$ de ce point. Pour le point d'intersection

$$(5) \qquad \vec{r}_c = \frac{\vec{F}\Sigma\left(\vec{r}_k \vec{F}_k\right) + \left[\vec{F}, \Sigma\left[\vec{r}_k \vec{F}_k\right]\right]}{F^2}.$$

---

[1] Séance du 7 novembre 1927.

[2] ( ) est le produit intérieur, [ ] — le produit extérieur (Malet, *Calcul vectoriel*, 1927).

Le point C déjà introduit d'une manière plus compliquée par R. W. Hamilton ([1]) possède d'importantes propriétés astatiques qui lui font mériter le nom de « centre » à un degré supérieur aux centres de Minding ([2])-Darboux ([3]) et de Möbius ([4]). Déplaçons le solide en le tournant avec les axes Ox, Oy autour de l'axe Oz en supposant les forces $\overrightarrow{F}_k$ constantes en grandeur et en direction.

1° Il est évident que par C passera toujours l'axe central des forces et dans le cas $I = 0\,(F > 0)$ la résultante du système de forces où

$$(6)\qquad I = \Sigma X_k \Sigma (y_k Z_k - z_k Y_k) + \Sigma Y_k \Sigma (z_k X_k - x_k Z_k) + \Sigma Z_k \Sigma (x_k Y_k - y_k X_k),$$

x_k, y_k, z_k étant les coordonnées du point M_k, X_k, Y_k, Z_k les projections de $\overrightarrow{F}_k$ sur les axes Ox, Oy, Oz.

2° Il s'ensuit de (5) :

$$(7)\qquad F^2(x_c + i y_c) = \Sigma (X_k + i Y_k)\Sigma (X_k - i Y_k)(x_k + i y_k) + \Sigma Z_k \Sigma Z_k z_k + \Sigma (X_k + i Y_k)\Sigma z_k Z_k - \Sigma Z_k \Sigma (X_k + i Y_k) z_k$$

$$(8)\qquad F^2 z_c + i I = \Sigma (X_k + i Y_k)\Sigma (X_k - i Y_k) z_k + \Sigma Z_k \Sigma Z_k z_k - \Sigma (X_k + i Y_k)\Sigma Z_k (x_k - i y_k) + \Sigma Z_k \Sigma (X_k + i Y_k)(x_k - i y_k).$$

Soient φ l'angle de l'axe Ox avec une droite fixe du plan xy et $X_k^{(0)}$, $Y_y^{(0)}$ les valeurs de X_k, Y_k quand $\varphi = 0$ et Ox coïncide avec cette droite

$$X_k + i Y_k = e^{i\varphi}(X_k^{(0)} + i Y_k^{(0)}) \quad ([5]).$$

On obtient de (7) que $x_c + i y_c$ est invariable quand

$$\Sigma (X_k + i Y_k)\Sigma Z_k z_k = \Sigma Z_k \Sigma (X_k + i Y_k) z_k$$

([1]) *Elements of Quarternións*, 2e édition, Londres, 1901, p. 708-709; c'est la trace de l'axe central et d'un plan pour lequel le viriel est nul.

([2]) *Handbuch der theoretischen Mechanik*, Berlin, 1838, p. 78.

([3]) *Lehrbuch der Statik*, Leipzig, 1837, p. 236-282.

([4]) *Mémoire sur l'équilibre astatique* (*Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 2, 1, 1877, p. 1).

([5]) L'emploi des imaginaires simplifie le calcul. Si $x_k^{(0)}$, $y_k^{(0)}$ les coordonnées de M_k par rapport aux axes xy quand $\varphi = 0$, $x_k + i y_k = e^{i\varphi}(x_k^{(0)} + i y_k^{(0)})$. En élevant au carré, multipliant par m_k nous trouvons à la formule de transformation des moments d'inertie d'un système plan :

$$I_y - I_x + 2 i I_{xy} = e^{2i\varphi}(I_y^{(0)} - I_x^{(0)} + 2 i I_{xy}^{(0)}),$$

$$I_x + I_y = I_x^{(0)} + I_y^{(0)} (I_x = \Sigma m_k y_k^2,\ I_y = \Sigma m_k x_k^2,\ I_{xy} = \Sigma m_k x_k y_k)$$

et nous arrivons aux méthodes de construction de Mohr et de Culmann.

et de (8) que $F^2 z_c + iI$ est invariable quand

$$\Sigma Z_k \Sigma (X_k + iY_k)(x_k - iy_k) = \Sigma (X_k + iY_k) \Sigma Z_k (x_k - iy_k).$$

En introduisant les centres des trois groupes de forces de Riche de Prony [1] et leurs coordonnées (coordonnées astatiques du système)

$$x_x = \frac{\Sigma x_k X_k}{\Sigma X_k}, \quad y_x = \frac{\Sigma y_k X_k}{\Sigma X_k}, \quad z_x = \frac{\Sigma z_k X_k}{\Sigma X_k}, \quad x_y = \frac{\Sigma x_k Y_k}{\Sigma Y_k}, \quad y_y = \frac{\Sigma y_k Y_k}{\Sigma Y_k},$$
$$z_y = \frac{\Sigma z_k Y_k}{\Sigma Y_k}, \quad x_z = \frac{\Sigma x_k Z_k}{\Sigma Z_k}, \quad y_z = \frac{\Sigma y_k Z_k}{\Sigma Z_k}, \quad z_z = \frac{\Sigma z_k Z_k}{\Sigma Z_k},$$

nous obtiendrons que $x_c + iy_c$ est invariable quand $z_x = z_y = z_z$ et Oz est perpendiculaire au plan des centres; z_c, ainsi que I, restent invariables, quand $\frac{y_x - y_z}{x_x - x_z}\frac{y_y - y_z}{x_y - x_z} = -1$ (le triangle de trois centres est rectangulaire) et

$$\text{(II)} \qquad (x_x - x_z)\Sigma X_k + (y_y - y_z)\Sigma Y_k = 0.$$

3° Dans le cas où les trois centres coïncident, le centre C coïncide avec le centre de Minding ainsi que dans les cas du système plan.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les profils aérodynamiques de forme générale.* Note [2] de M. E. CARAFOLI, présentée par M. Rateau.

J'ai indiqué [3] une méthode générale pour la construction des profils d'aviation. En remarquant maintenant qu'il est possible de donner une autre forme à la fonction de transformation, je détermine cette forme en vue d'obtenir des conclusions intéressantes quant à la technique du tracé.

Nous pouvons, en effet, écrire :

$$z = \zeta + \frac{c^2}{\zeta} + \sum_{i=0}^{i} \sum_{k=1}^{k} \frac{\varkappa_{ik}}{(\zeta - t_i)^k},$$

et déterminer les coefficients $\varkappa_{ik}$, en posant, comme précédemment :

$$\left[\sum\sum \frac{k.\varkappa_{ik}}{(\zeta - t_i)^k}\frac{\zeta}{\zeta - t_i}\right]_{\zeta = -\overline{OB'}e^{-i\tau}} = \overline{C'B'}e^{i\sigma}.$$

---

(1) *Leçons de Mécanique analytique*, I, Paris, 1810; II, Paris, 1815.
(2) Séance du 7 novembre 1927.
(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 842.

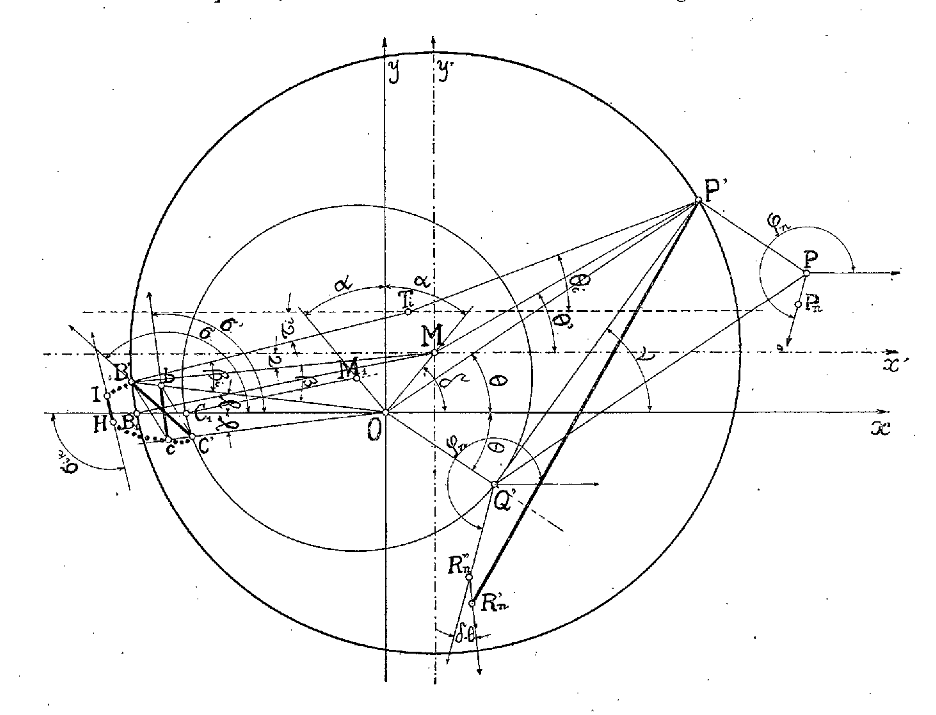
Il en résulte, pour le module et l'argument du terme d'ordre $(ik)^{\text{ième}}$:

$$\frac{\varkappa_{ik}}{(\zeta-t_i)^k}=(-1)^k\frac{\overline{\mathrm{IH}}}{k}\left(\frac{\overline{\mathrm{T}_i\mathrm{B}'}}{\overline{\mathrm{T}_i\mathrm{P}'}}\right)^k\frac{\overline{\mathrm{T}_i\mathrm{B}'}}{\overline{\mathrm{OB}'}},$$
$$\varphi_{ik}=\sigma_{ik}+k\tau_i+\beta_i-k\theta_i.$$

Si $t_0=t_1=\ldots=t_i=\ldots=\mu$, μ représentant le centre M du cercle générateur, et si, en outre, la somme double $\sum\sum$ se réduit à un seul terme d'ordre $n^{\text{ième}}$, on aura :

$$\left|\frac{\varkappa_n}{(\zeta-\mu)^n}\right|=(-1)^n\frac{\overline{\mathrm{C}'\mathrm{B}'}}{n}\frac{\overline{\mathrm{MB}'}}{\overline{\mathrm{OB}'}},$$
$$\varphi_n=\sigma+n\tau+\beta-n\theta'.$$

On voit donc que le vecteur correctif $\overline{\mathrm{PP}_n}$ a une grandeur constante et



la construction graphique devient d'une très grande simplicité. Il est plus commode en particulier de diviser le cercle en angles égaux, mais en prenant $\mathrm{M}x'$ pour axe polaire. L'angle τ, que $\overline{\mathrm{OB}'}$ fait avec $\mathrm{O}x$, détermine le moment aérodynamique pour la portance nulle, qui est proportionnel à $c^2\sin 2\tau$.

Pour calculer la vitesse sur le contour du profil, il faut construire le module de $\frac{dz}{d\zeta}$, qui serait, dans notre cas particulier,

$$\left|\frac{dz}{d\zeta}\right| = \frac{\left|\zeta - \frac{c^2}{\zeta} - \frac{n\chi_n}{(\zeta-\mu)^n}\frac{\zeta}{\zeta-\mu}\right|}{|\xi|}$$
$$= \frac{\left|\overline{Q'P'}\,e^{i\nu} - n\,\overline{PP_n}\,e^{i\varphi_n}\left(1 + \frac{|\mu|}{\overline{MB'}}e^{i(\delta-\theta')}\right)\right|}{\overline{OP'}} = \frac{\overline{P'R'_n}}{\overline{OP'}}.$$

Pour les profils à *pointe arrondie*, les opérations sont identiques avec

$$\left|\frac{\varkappa'_n}{(\zeta-\mu)^n}\right| = (-1)^n\frac{\overline{cb}}{n}\left(\frac{\overline{Mb}}{\overline{MB'}}\right)^n\frac{\overline{Mb}}{\overline{Ob}},$$
$$\varphi'_n = \sigma' + n\tau + \beta - n\theta'.$$

Pour ces profils, l'hypothèse de Joukowski sur l'écoulement autour d'une *pointe proprement dite* n'est plus valable; mais nous pouvons lui substituer une autre semblable en admettant que le point de vitesse nulle sur le cercle correspond au point de profil pour lequel on a $\left|\frac{dz}{d\zeta}\right|$ minimum. Il est facile de montrer que ce point est très voisin de B', avec lequel on peut le supposer pratiquement confondu.

AVIATION. — *Sur un principe nouveau permettant la réalisation d'appareils mesurant les conditions aérodynamiques du vol des avions.* Note ([1]) de MM. **E. Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. Rateau.

Les conditions d'équilibre du vol ainsi que la puissance motrice d'un avion sont fonctions de grandeurs qui dépendent au premier chef de la densité de l'atmosphère ambiante. Les instruments servant à évaluer ces grandeurs doivent donc être sensibles à la pression et à la température de l'air.

Pour mesurer de telles grandeurs, nous avons construit des appareils basés sur le principe nouveau suivant :

La force P produite par l'action de la pression atmosphérique sur une capacité déformable, vide d'air, agit sur le bras de levier OA (*fig.* 1) de

([1]) Séance du 7 novembre 1927.

l'équipage mobile autour du point O. Ce bras prend donc la direction de P lorsque, sur l'équipage, n'agit aucune autre force que la réaction de liaison O qui maintient l'alignement OAP. Si un couple c s'exerce sur l'équipage, il le déplace d'un angle θ, supposé petit, proportionnel à c et inversement proportionnel à la pression ambiante. Il en résulte que, contrairement à ce qui se passe dans les instruments usuels, l'action d'un même couple entraîne une rotation de l'équipage d'autant plus grande que l'atmosphère où navigue l'appareil est plus raréfiée, puisque le couple de rappel créé par la pression atmosphérique agissant sur le dispositif ci-dessous diminue avec cette pression. Ce couple de rappel par la pression atmosphérique est commun à tous les appareils décrits ci-après.

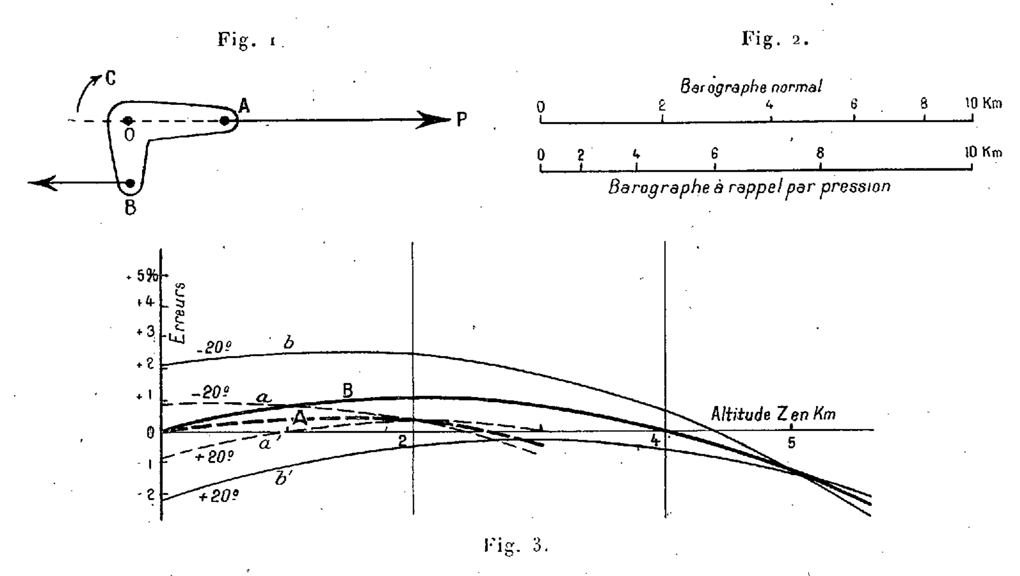


Fig. 3.

Densigraphe. — Cet instrument comporte le dispositif ci-dessus sur lequel s'exerce un couple moteur produit par un ressort à tension sensiblement constante agissant sur un levier OB, perpendiculaire au levier OA (*fig.* 1) en un point B. La distance OB est rendue proportionnelle à la température absolue de l'air ambiant au moyen d'un dispositif thermométrique à dilatation métallique rectiligne et à mise en équilibre rapide. Le couple moteur c est donc proportionnel à la température absolue, tandis que le couple de rappel est proportionnel à la pression atmosphérique p et l'angle de rotation est de la forme $\theta = K\frac{T}{p} = \frac{\lambda}{d}$, d étant la densité de l'air ambiant.

Le levier AOB monté sur couteaux constitue un véritable amplificateur

géométrique de la déformation de la capacité; il donne à l'instrument, vis-à-vis des appareils habituels, les mêmes avantages que ceux que présente une balance par rapport à un dynamomètre à ressort et fournit naturellement une graduation qui s'espace considérablement vers les faibles valeurs de la densité.

Barographe. — L'appareil précédemment décrit peut être utilisé comme barographe par simple réduction du système thermométrique.

La figure 2 montre en bas l'échelle obtenue pour un tel barographe gradué en altimètre dans l'hypothèse de l'atmosphère standard, et en haut celle que donne un baromètre normal.

Enregistreur de vitesse compensé. — Une trompe de Venturi, simple ou multiple, donne une dépression de la forme $\lambda. d. V^2$, λ étant la densité du fluide ambiant et V sa vitesse. Agissant sur une capacité déformable, cette dépression produit un effort de la même forme algébrique. Dans notre appareil, cet effort est appliqué, au lieu de la force constante du ressort, au point B du densigraphe qui vient d'être décrit (*fig.* 1). Il détermine une rotation de l'équipage mobile qui ne dépend plus que de la vitesse aérodynamique V si le rapport d'amplification λ de la trompe ne doit pas être corrigé en fonction de l'altitude.

Sans attendre le résultat des expériences que nous poursuivons à ce sujet, nous avons construit un appareil simplifié, de précision satisfaisante aux altitudes moyennes, en nous basant sur le fait que l'influence de la pression est beaucoup plus grande sur les variations de la densité que celle de la température dans les conditions atmosphériques courantes. En effet entre 0 et 5000^m, en atmosphère normale, les variations de la densité dues à la pression sont de 48 pour 100 et celles dues à la température de 11 pour 100. Cette remarque nous a permis de supprimer le thermomètre métallique et d'obtenir une bonne correction de température en vidant incomplètement la capacité barométrique qui joue ainsi le rôle de thermomètre à air. L'effort de rappel est alors ramené à une valeur convenable au moyen d'un ressort à tension quasi constante.

La figure 3 donne la courbe A des erreurs d'un de ces instruments utilisable jusqu'à 3000^m dans l'atmosphère standard, et la courbe B des erreurs d'un autre de ces appareils utilisable jusqu'à 5500^m. Les courbes a, a', b, b' montrent les erreurs des mêmes enregistreurs dans une atmosphère dont la température s'écarterait de 20° en plus ou en moins de celle de l'atmosphère standard. Ces erreurs ne dépassent pas 1 pour 100 pour le premier appareil et 2 pour 100 pour le second.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure sur le disque du Soleil, faite à l'Observatoire de Nice.* Note de M. **Schaumasse**, présentée par M. Deslandres.

L'observation a été faite à l'Équatorial coudé de $0^m,40$ d'ouverture et de 10^m de distance focale, l'objectif étant diaphragmé à $0^m,10$. Grossissement 70.

Au moment du lever du Soleil, le ciel était très nuageux; à 7^h45^m, T. U., seulement on a pu voir la planète sur le disque solaire.

Voici les heures des observations en temps universel, le 10 novembre 1927. Les nombres O.—C., indiquent les différences, observation moins calcul, avec les prévisions déduites des données et des formules de la *Connaissance des Temps*.

	Temps universel.	O.—C.
Dernier contact intérieur.........	$8^h27^m51^s$	-33^s
Dernier contact extérieur........	$8^h29^m22^s$	-43^s

La planète présentait l'apparence d'un disque régulier très sombre, sa disparition a été complète après le contact extérieur. Au moment de la sortie, les images étaient assez calmes.

Avant le dernier contact intérieur on n'a pas constaté l'existence du ligament noir.

ASTRONOMIE. — *La redécouverte de la comète Schaumasse et la méthode photographique d'observation des comètes.* Note de M. **G. Van Biesbroeck**, présentée par M. Bigourdan.

Le second retour de la comète périodique trouvée à Nice en 1911, par M. Schaumasse, était attendu cet automne dans des conditions d'observation défavorables. Grâce à un calcul précis, la position avait toutefois été prédite avec une grande certitude par M. G. Merton, de l'Observatoire de Greenwich. Mais il en résultait que, faible, l'astre ne devait être visible que près de l'horizon, pendant un court intervalle de temps précédant l'aurore. L'astronome anglais faisait remarquer, en outre, que l'observation, à l'époque présente, était particulièrement désirable parce que, au retour prochain, en 1935, les circonstances seront encore plus défavorables, après quoi l'orbite subira de fortes perturbations à cause d'un rapprochement considérable de Jupiter. Si l'astre n'avait été retrouvé, au retour au périhélie de cette année, il eût été inévitablement perdu à l'avenir.

J'ai fait une première tentative de retrouver l'astre le 23 septembre, à l'aide du réflecteur de 60^cm d'ouverture $\left(f=\frac{1}{4}\right)$ de l'Observatoire Yerkes. Les poses étaient nécessairement courtes à cause de l'arrivée du jour, et rien de suffisamment défini ne fut reconnu sur les plaques. Une nouvelle tentative le 4 octobre fut couronnée de succès; cette fois j'avais fait usage de la lunette photographique Bruce de cet Observatoire, deux poses étant faites simultanément avec des lentilles de 15 et 25^cm respectivement. La comète fut reconnue comme une faible nébulosité correspondant à la 12e grandeur stellaire, presque exactement à l'endroit prédit par le calculateur anglais. Depuis lors, l'astre a été observé ici, à l'aide du réflecteur, aux dates suivantes : octobre 8, 19, 21, 25 et 26, et en outre sa faible trace a été reconnue sur les plaques prises le 23 septembre. Il semble qu'il soit possible de suivre la comète pendant plusieurs mois encore, malgré sa diminution d'éclat. Les observations seront publiées dès que la série des mesures sera terminée.

Des poses de 5 ou 6 minutes, au réflecteur, étant suffisantes pour obtenir à présent des images mesurables, la méthode photographique offre de très grands avantages. Point n'est besoin de voir l'objet même au moment de la pose, pourvu qu'on ait reconnu les principales étoiles du champ stellaire qu'il occupe d'après l'éphéméride. Point de temps n'est perdu à trouver et identifier une étoile de comparaison dont la position soit connue par un catalogue récent. Il n'y a pas à faire avec hâte, avant l'arrivée du jour, des pointés micrométriques sur un objet difficilement visible à faible altitude. Le temps limité dont on dispose ne permettrait guère des observations différentielles par passages. Toutes ces difficultés sont évitées par l'emploi d'un instrument photographique rapide. Les plaques étant prises, on peut les examiner à loisir et en s'aidant des catalogues astrographiques (Zones de Bordeaux et de Toulouse dans le cas présent), on n'a que l'embarras du choix, au point de vue des étoiles de comparaison. Trois étoiles suffisent pour déterminer l'échelle et l'orientation et, comme on peut les prendre parmi les plus faibles du catalogue, le danger d'employer des étoiles à mouvement propre sensible est réduit de beaucoup. Finalement les mesures sur les plaques ne sont que très peu affectées par des erreurs systématiques de pointage qui, surtout dans le cas des observations de passages, peuvent devenir considérables. Tous les avantages sont donc en faveur du procédé photographique grâce auquel le nouveau visiteur a déjà pu être mesuré sept fois au cours du premier mois d'observation.

CAPILLARITÉ. — *Sur la structure microscopique et moléculaire des formations myéliniques*. Note ([1]) de M. **J. Nageotte**, présentée par M. Brillouin.

Les formations myéliniques de l'extrait frais de cerveau permettent de saisir objectivement le passage d'une structure microscopique à une structure moléculaire. Cela tient à la possibilité de voir distinctement les lames minces réfringentes aux forts grossissements, dans certaines conditions d'incidence et de dispersion, même si leur épaisseur ne dépasse pas l'ordre de grandeur des molécules; l'image n'est vue que par les perturbations lumineuses qui la bordent et que les histologistes appellent improprement des franges.

Mes observations sur ce sujet ([2]) ont été contestées par M. Friedel ([3]), qui nie même l'évidente analogie entre la gaine de myéline des nerfs et les formations myéliniques artificielles, notion banale. Frappé de la labilité des formations artificielles, mon honorable contradicteur oublie que la gaine de myéline des nerfs, stabilisée par le milieu organique, devient labile dans l'eau pure et que la labilité des formations myéliniques de l'extrait de cerveau est fortement diminuée dans l'eau salée : simple question de milieu.

Dans les formes myéliniques, si variées, M. Friedel n'a vu que des « boudins ». En fait, chaque excroissance de myéline, formation creuse ramifiée, dérive d'une lame emboutie à faces parallèles, visiblement feuilletée. Les types morphologiques réalisés sont des poches de volumes variés, des tubes réguliers à cavité parfois large, mais souvent filiforme, enfin des cylindres pleins, rares en eau pure, dont l'orientation moléculaire est la même que celle des tubes. La lecture méthodique des préparations de myéline nécessite l'emploi d'objectifs à grande ouverture, donnant des coupes optiques nettes et permettant l'analyse plan par plan. L'expérience s'acquiert par l'étude du nerf frais, dont les gaines de myéline ont une forme connue d'avance et possèdent les mêmes propriétés physiques que les excroissances artificielles, bien que leur matière soit plus complexe. On se familiarise ainsi avec les aspects de cette substance singulière qui, malgré sa fluidité, est façonnée en lames à faces parallèles, clivables presque à

([1]) Séance du 7 novembre 1927.
([2]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 44.
([3]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 330.

l'infini; et l'on apprend qu'une lame de myéline ne donne une image, claire ou sombre suivant les cas, que si son incidence sur le plan focal se fait suivant un angle supérieur à 70° environ; par conséquent la forme d'une grande étendue des excroissances myéliniques se dérobe à l'observation, ce qui entraîne de nombreuses illusions.

J'ai montré comment la dispersion dans l'eau, dernier terme du clivage des feuillets, permet de voir distinctement en coupe optique l'élément de structure, lame mince continue, d'épaisseur invariable, d'aspect caractéristique, que j'appelle *lame élémentaire*. Les lames élémentaires dispersées forment souvent des systèmes extrêmement ténus de bulles emboîtées, dont on peut constater *l'élasticité* par des pressions délicates sur la préparation. Les conditions d'examen sont très favorables; les bulles, vues en coupe optique, donnent des cercles dans un champ optiquement vide; la minceur des lames exclut pratiquement la déformation de l'image des bulles enveloppées par les bulles enveloppantes. M. Friedel, dans mes photographies, voit des « gouttes à gradin, généralement très plates, appliquées sur le verre inférieur ». Mais, ne tenant aucun compte des renseignements fournis sur la disposition en profondeur et n'ayant sous les yeux qu'une seule coupe optique, comment peut-il juger du relief? Or il est facile de prouver, par des mensurations horizontales et verticales, prises sur des objets identiques, que chaque cercle observé répond dans l'espace à une couronne sphérique d'environ 20° au-dessus et autant au-dessous d'un grand cercle horizontal; c'est juste la zone que nous savons être accessible à l'observation en lumière transmise, si l'on suppose que les cercles sont les coupes optiques de bulles à parois minces; de plus, l'éclairage latéral donne des reflets de forme caractéristique dans les régions non visibles en lumière transmise. Fait remarquable, quand le diamètre d'un cercle est plus grand que l'épaisseur de la préparation (de l'ordre de $0^{mm},1$), mesurée en utilisant les impuretés collées aux verres, le grand cercle de la bulle supposée, déterminé à la fois par les mesures et par le phénomène si net de l'inversion des bordures de l'image, siège *exactement* à mi-hauteur entre les verres : l'hypothèse d'une bulle comprimée de haut en bas est vérifiée.

D'autre part, M. Friedel a vu des « formations à stries circulaires... très grosses et faciles à observer aux faibles grossissements » qu'il voudrait assimiler aux objets que j'ai étudiés. Ces grosses formations banales peuvent simuler grossièrement, à une échelle très différente, les figures que j'ai données, mais une dispersion de lames élémentaires ne peut être vue dans les conditions d'examen indiquées.

De mes observations, je conclus que les « formations myéliniques » proprement dites sont caractérisées par un mode particulier d'hydratation, qui appartient à certaines matières dans certaines conditions. L'extrait de cerveau (lécithine impure), mis en présence de l'eau, se détache des surfaces auxquelles il adhérait et qui, dès lors, ne peuvent plus l'orienter. Il donne ainsi naissance aux excroissances myéliniques, qui glissent librement sur le verre. Les molécules, orientées par l'eau qui pénètre, se rangent en lames minces, continues et parallèles. Dispersées dans l'eau, ces lames sont vues distinctement; tassées inégalement, suivant les couches, elles donnent aux tubes l'aspect « zoné » observé par Lehmann. Cette disposition est sur le point de départ de phénomènes complexes; elle joue un rôle dans la structure du nerf et peut-être dans sa conductibilité. La notion de la présence de groupes hydrophiles dans la molécule de corps par ailleurs lipoïdes (Langmuir, Devaux, Trillat) conduit à une explication vraisemblable du fait morphologique fondamental qui, en lui-même, est simple et se présente dans des conditions optiques favorables, dont il faut savoir profiter.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une vérification de la théorie des détecteurs et redresseurs à contact.* Note de M. **Dubar**, présentée par M. Paul Janet.

Les remarquables expériences de M. Pélabon ont montré que le courant électrique peut passer dans un intervalle isolant d'épaisseur suffisamment faible séparant deux conducteurs; mais en général l'ensemble ainsi constitué est doué de conductibilité différente suivant le sens du courant. Lorsque les surfaces en regard ne présentent pas de différences de courbures importantes, la théorie électronique indique que le courant passera plus facilement du conducteur le plus pauvre en électrons libres au conducteur le plus riche que dans le sens inverse. Nous avons formé par électrolyse une pellicule isolante de silice d'épaisseur extrêmement faible (coloration bleue des lames minces) à la surface d'un bloc de silicium et appliqué sous forte pression du graphite au contact de cette pellicule. La surface intéressée était de 3^{cm^2}. Nous avons relevé la courbe courant-tension du conducteur complexe ainsi réalisé. Cette courbe dissymétrique présente un long point d'inflexion à l'origine correspondant à une résistance de 12 ohms.

Sous une même tension appliquée de 3,25 volts le courant est de 1,4 ampère dans le sens silicium-graphite et de 0,4 ampère dans le sens inverse. Le courant s'établit instantanément et l'appareil redresse le courant alter-

natif même de fréquence relativement élevée. Le sens de la plus grande conductibilité est conforme à la théorie rappelée plus haut, le silicium étant beaucoup plus résistant que le graphite, donc plus pauvre en électrons libres, ce que confirme en outre sa force électromotrice thermo-électrique, négative et très élevée par rapport au carbone. Il est curieux d'observer que si l'on constitue un redresseur électrolytique avec le même bloc de silicium et un crayon de charbon dans l'acide sulfurique étendu, le sens du courant redressé est inverse, c'est-à-dire du charbon au silicium. Cela s'explique par le fait que la proportion relative d'électrons libres est renversée, l'électrolyte n'en renfermant pas (mais seulement des ions) tandis que le silicium en contient, sa conductibilité étant de nature métallique.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Comparaison, en laboratoire, des images et des champs fournis par un télescope newtonien et un télescope Ritchey-Chrétien.* Note de M. **G.-W. Ritchey**, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai pu construire les miroirs d'un télescope newtonien et ceux d'un réflecteur aplanétique Ritchey-Chrétien ([1]). Chacun de ces deux instruments a une ouverture de $0^m,505$ et une longueur focale de $3^m,45$. Une fois terminés, ces télescopes ont été montés, l'un après l'autre, sur un banc d'optique, entièrement métallique, en combinaison avec un miroir optiquement plan de $0^m,75$ ([2]).

Les conditions de température et les ondulations de l'air peuvent être bien réglées ici. L'étoile artificielle utilisée a un diamètre d'un micron, et est formée par la combinaison d'un arc de tungstène, d'un trou d'aiguille et d'un objectif de microscope. Cette étoile reste fixe au foyer sur l'axe; les images hors de l'axe sont obtenues en tournant légèrement le grand miroir plan de $0^m,75$ autour d'un axe vertical.

En examinant avec de forts grossissements les images formées à différentes distances de l'axe, j'ai toujours choisi et repéré l'endroit où la plus grande partie de la lumière totale de l'image est concentrée sur la plus petite surface. Ce mode d'opérer diffère des recherches théoriques antérieures en ce qu'il fait connaître nécessairement la répartition exacte de la lumière dans l'image, compte tenu, à la fois, des aberrations géométriques et de la diffraction. J'appellerai *images de concentration maxima* celles qui sont ainsi choisies.

([1]) Ritchey et Chrétien, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 266.

([2]) G.-W. Ritchey, *The Astrophysical Journal*, 19, 1904, p. 53.

Images et champ du télescope newtonien. — Les images extra-axiales ont la forme familière en fer de flèche, c'est-à-dire avec coma, la pointe dirigée vers le centre du champ. Leurs dimensions varient, en général, comme leur distance à l'axe; mais leur forme et leur répartition de lumière varient considérablement avec de petits déplacements du foyer. Dans le champ plan dont on se sert actuellement en photographie astronomique, au moins 90 pour 100 de la lumière totale de chaque image, et cela à n'importe quelle distance de l'axe, sont répartis presque uniformément sur la moitié de la longueur de l'image qui est adjacente au sommet, et il n'y a pas de concentration marquée de lumière au sommet (*fig.* 1). Mais si l'on déplace

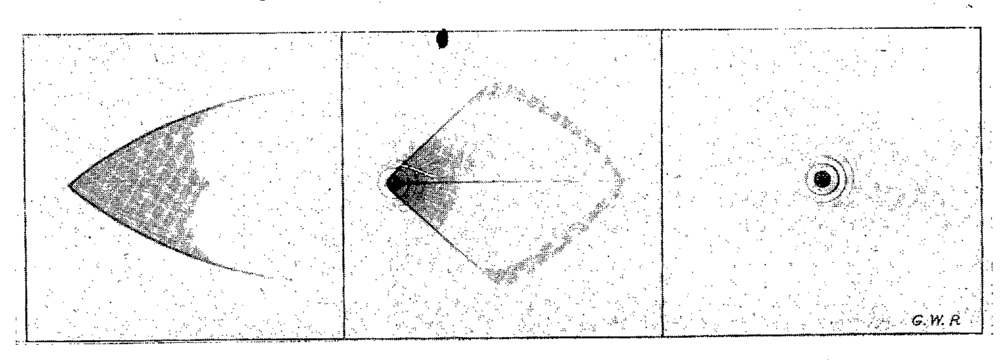


Fig. 1. — Image newtonienne dans le champ ordinaire plan.

Fig. 2. — Image newtonienne dans le champ concave hyperboloïdal.

Fig. 3. — Image Ritchey-Chrétien dans le champ concave sphérique.

Comparaison, en laboratoire, d'images stellaires à 15′ de l'axe ou centre du champ.

l'oculaire graduellement en avant, on voit que la lumière se concentre de plus en plus vers le sommet, jusqu'à ce qu'on atteigne le foyer de concentration maxima (*fig.* 2). Le champ ou lieu géométrique de ces images à concentration maxima est une surface approximativement hyperboloïdale, concave vers la lumière incidente. Si l'on compare les images extra-axiales dans ce meilleur champ courbe avec celles du champ plan dont on se sert actuellement à l'exclusion de tout autre, le gain en concentration en faveur des premières est au moins quadruple, l'aire de concentration étant d'un quart.

Dans un télescope newtonien des dimensions sus-mentionnées, et pour un champ de 2° de diamètre, la plaque photographique concave à surface sphérique répondant le mieux au champ hyperboloïdal susmentionné a un rayon de courbure d'environ $1^{m},640$. De même, pour des champs de 1° et de 30′ de diamètre, les rayons de courbure correspondants de plaques plus petites, taillées sphériquement, sont respectivement de $0^{m},970$ et $0^{m},610$. La figure 1 montre l'aspect de l'image du champ plan à 15′ de l'axe;

sa longueur totale est de 3″,5, la longueur de sa partie lumineuse, la seule efficace en photographie, étant de 1″,75. La figure 2 nous montre l'aspect de l'image correspondante sur le meilleur champ concave; la longueur approximative de sa partie brillante, ou photographiquement efficace, est de 0″,87.

Images et champ du télescope Ritchey-Chrétien. — Les données ci-dessous sont celles qui ont été observées lors des essais optiques du nouveau type de télescope de 0^m,505 d'ouverture et de 3^m,45 de longueur focale. Le grand miroir concave de cet instrument a un rapport focal de 1 à 3,25; le petit miroir convexe agrandit 2,1 fois, le rapport focal équivalent étant de 1 à 6,825, et le foyer de la combinaison optique se trouvant à un point qui est éloigné de 0^m,160 derrière le sommet du grand miroir concave.

Le champ ou lieu géométrique des images de concentration maxima est sphérique, concave vers la lumière incidente, son rayon de courbure étant de 0^m,600. Dans ce champ courbe, les images à des distances de 2′,5, 5′, 7′,5 et 10′ de l'axe, se voient chacune sous l'aspect d'un disque normal et brillant de diffraction, d'environ 0″,27 de diamètre, entouré de ses anneaux. Ce qui est très remarquable, c'est que chacune des images à 12′,5, 15′, 17′,5 et 20′ de l'axe continue à paraître comme un disque brillant de diffraction d'environ 0″,27, avec ses anneaux. Mais, dans ces dernières images, les anneaux deviennent progressivement un peu plus lumineux. Ceci est dû à la présence de la figure d'aberration, très petite, très faible et symétrique, laquelle, à 20′ de l'axe, sous-tend 0″,9. Ce n'est qu'en s'écartant jusqu'à 22′ de l'axe que l'on aperçoit une altération nette des images par la figure de l'aberration. A des distances plus grandes de l'axe, la forme et la grandeur des images sont déterminées surtout par celles de la figure d'aberration. En champ courbe, cette forme est toujours approximativement octogonale, et les dimensions des images varient comme le carré de la distance à l'axe : à 30′, 45′ et 60′ de l'axe, leurs diamètres approximatifs sont de 2″,0, 4″,5 et 8″,0 respectivement. La figure 3 montre l'aspect de l'image en champ courbe à 15′ de l'axe; le diamètre du disque central est d'environ 0″,27 et l'échelle est la même que pour les figures 1 et 2.

Les plaques photographiques concaves ne sont pas irréalisables : j'en ai déjà construit et utilisé avec succès sur le ciel.

OPTIQUE. — *Rôle des vibrations des atomes dans les molécules dans le phénomène de la diffusion de la lumière.* Note (1) de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Brillouin.

On sait que le phénomène de la diffusion de la lumière est dû aux fluctuations du moment électrique des petits éléments de volume diffusant, et

(1) Séance du 7 novembre 1927.

que l'intensité diffusée est proportionnelle au carré moyen de ces fluctuations. Celles-ci peuvent provenir de différentes causes. On a envisagé jusqu'ici les fluctuations en densité, ou en concentration dans le cas d'un mélange, nécessaires pour expliquer les phénomènes d'opalescence, et les fluctuations en orientation de molécules anisotropes, indispensables pour rendre compte de l'état de polarisation de la lumière diffusée. J'ai moi-même indiqué dans diverses publications qu'il fallait aussi tenir compte des fluctuations en température, dans la mesure où l'indice en dépend, et des fluctuations du champ intermoléculaire, ou champ créé sur une molécule par les doublets excités dans les molécules environnantes. On ne semble pas avoir envisagé jusqu'ici une autre cause de fluctuation de l'indice de réfraction qui pourtant semble importante :

Considérons une molécule formée, d'après les conceptions modernes telles que celles de Sir W. Bragg, d'un certain nombre d'ions isotropes. Dans un champ électrique, chaque ion devient le siège d'un doublet proportionnel, qui à son tour envoie sur les autres ions de la molécule un champ excitant en chacun d'eux un doublet secondaire qui en général n'est pas parallèle au champ incident : on explique ainsi et l'on calcule simultanément la valeur de l'anisotropie δ et du moment électrique moyen $K = \frac{A+B+C}{3}$ de la molécule (A, B, C étant les trois moments principaux).

On conçoit donc que δ et K vont dépendre des diverses distances r_{ij} des ions i et j dans la molécule, i et j étant des numéros d'ordre. Mais il ne semble pas qu'on puisse considérer ces distances r_{ij} comme constantes en général ; elles sont plutôt sujettes à des oscillations continuelles, d'où résultent, pour un certain élément de volume, les nouvelles fluctuations d'indice dont nous parlions. Si on les calcule, on trouve que, en ce qui concerne δ, dans toutes les théories où intervient δ^2 (effet Kerr, diffusion de la lumière, etc.), il faut simplement remplacer δ^2 dans les anciennes théories où l'on suppose δ constant par la valeur moyenne $\overline{\delta^2}$: au point de vue formel, rien n'est changé.

En ce qui concerne K, on a au contraire, dans la théorie de la diffusion de la lumière, une nouvelle espèce de diffusion, complètement polarisée à angle droit du faisceau incident, et donnée en lumière incidente naturelle par l'expression

$$\frac{i}{E} = \frac{\pi^2}{2\lambda^4\nu}(n^2-1)^2\overline{\left(\frac{\Delta K}{K}\right)^2};$$

E est l'éclairement incident, i l'intensité diffusée par 1^{cm^3}, ν le nombre de

molécules par unité de volume. On trouve simultanément que

$$\overline{\left(\frac{\Delta K}{K}\right)^2} = A\,\delta^4\,\overline{\left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2},$$

A étant un coefficient numérique dépendant de la structure de la molécule, r est une certaine combinaison linéaire des r_{ij}.

On observera que notre nouvelle diffusion est négligeable dans deux cas :

a. La molécule n'a pas d'oscillations atomiques; alors $\Delta r = 0$; c'est par exemple le cas de l'eau, d'après ce que nous apprend sa chaleur spécifique à l'état de vapeur.

b. La molécule a une anisotropie δ très faible, c'est le cas de l'éther : δ^4 est alors insignifiant.

Dans ces deux cas, on doit donc trouver un bon accord de la théorie et de l'expérience sans introduire aucun terme nouveau : c'est effectivement ce qui a lieu.

Dans la série aromatique, au contraire, l'anisotropie δ est importante; notre terme nouveau n'est pas négligeable : on trouve qu'il peut aller jusqu'au quart du terme provenant des fluctuations en densité. La diffusion de la lumière se trouve donc fournir des renseignements précieux sur les mouvements intraatomiques des atomes dans les molécules : nous les discuterons dans un travail plus étendu.

OPTIQUE. — *Production de lumière par frottement du diamant sur le verre.* Note de M. G. **Labussière**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai eu l'occasion d'observer des voiles singuliers au voisinage de la cassure sur des plaques photographiques qui n'avaient pas été tranchées du premier coup de diamant. J'ai pu les reproduire avec ou sans rayure du verre en utilisant un diamant émoussé; après développement, on obtient des bandes nettement limitées, non dégradées. Ce résultat s'explique facilement en admettant que l'impression est due à une émission lumineuse produite à l'extérieur de la plaque, lumière qui ne peut pénétrer dans le verre que sous un angle de réfraction inférieur à l'angle limite. J'ai pu vérifier que la largeur de la bande impressionnée était proportionnelle à l'épaisseur du verre, et qu'elle était égale à cette épaisseur multipliée par le double de la tangente de l'angle limite.

En faisant l'expérience dans l'obscurité on peut voir une lueur paraissant

diffuse; c'est donc bien un phénomène lumineux qui produit l'image latente, mais son enregistrement prouve qu'il est très peu étendu dans l'espace et se produit en dehors du verre.

La lumière doit avoir son origine dans des décharges entre quantités d'électricité formées par frottement à la surface d'un corps mauvais conducteur. En effet, l'intensité est réduite (jusqu'à s'annuler) par l'humidité ou par le ralentissement du mouvement, et les expériences ont montré que pour obtenir une lueur visible il fallait frotter avec un corps mauvais conducteur et autre que le verre (le silex, par exemple, réussit).

Dans ce dernier cas, malgré que l'aspect visuel ne soit pas différent de celui observé avec le diamant, l'impression photographique est nulle ou extrêmement faible, même sur émulsion orthochromatique; il s'agit donc d'une différence d'intensité; on peut supposer qu'elle est en relation avec la variété des tensions de contact.

On conçoit qu'il y a intérêt pratique à connaître l'existence du voile photographique signalé ci-dessus.

ATOMISTIQUE. — *Mesure absolue de l'énergie lumineuse émise par un gaz soumis aux chocs d'électrons.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans des Notes antérieures (¹), j'ai exposé une méthode permettant de déterminer en valeur relative l'intensité d'une raie spectrale en fonction du potentiel des électrons excitant la luminescence, et j'ai communiqué les résultats obtenus pour la radiation de résonance 2536 du mercure.

Il était intéressant de mesurer en valeur absolue l'énergie émise, d'évaluer le nombre des chocs entre électrons et atomes et, en comparant ces grandeurs, d'acquérir des données sur la probabilité d'émission du quantum lors d'un impact.

1° *Mesure de l'énergie rayonnée.* — Aucun étalon absolu de rayonnement monochromatique ultraviolet n'étant encore réalisé, j'ai dû utiliser comme source de comparaison un solide porté à une température suffisamment élevée pour que l'intensité des radiations émises dans une étroite bande spectrale comprenant la radiation étudiée soit de l'ordre de grandeur de l'intensité de la radiation de la vapeur luminescente.

Les importants travaux de Worthing et Forsythe (²) sur les propriétés du

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 707, 846.
(²) Mémoire traduit en français dans *Rev. Gén. d'Électr.*, 20, 1926, p. 303.

tungstène à haute température fournissent des données suffisamment précises sur la résistivité et le pouvoir émissif de ce corps pour que l'on puisse déterminer la répartition de l'énergie dans son spectre continu à partir de la variation de sa résistance électrique. Il est donc possible, en enregistrant sur une même plaque le rayonnement de la vapeur et celui d'un filament porté à des températures connues, de comparer ceux-ci par les procédés densitométriques habituels, en tenant compte naturellement de la répartition différente des flux lumineux.

L'intensité des radiations bleues, violettes et ultraviolettes émises par le filament étant considérablement plus grande que celle du rayonnement étudié, il est nécessaire, pour éviter de voiler la plaque, de ne laisser pénétrer dans le spectrographe que les radiations de longueur d'onde voisine de celle que l'on veut étudier. Cette condition est réalisée très simplement en éclairant la fente de l'instrument par un petit spectroscope constitué par un collimateur et un prisme-objectif.

La température du filament est facile à déterminer lorsque l'on connaît l'intensité du courant qui le traverse et la différence de potentiel entre deux de ses points.

Le résultat des mesures est le suivant :

Dans la vapeur saturante de mercure à 17° C. ($4,72.10^{13}$ atomes par centimètre cube) un faisceau d'électrons de potentiel 6,5 volts (correspondant au maximum de la fonction d'excitation) et d'intensité égale à 60.10^{-6} A : cm² excite la radiation 2536 avec une énergie égale à 23 $\frac{\text{ergs}}{\text{sec-cm}^3}$. Par suite d'incertitudes provenant de l'évaluation difficile du volume du gaz luminescent et de la variation de transparence de la fenêtre de visée, ce résultat ne doit être considéré que comme une première approximation.

2° *Évaluation du nombre de chocs.* — J'ai calculé, dans l'hypothèse d'une force radiale répulsive s'exerçant entre l'électron et l'atome neutre, le rayon de choc de l'atome, c'est-à-dire le rayon de la sphère à l'intérieur de laquelle passent toutes les tangentes à l'infini aux trajectoires des électrons produisant un impact. Pour le maximum de la fonction d'excitation, cette quantité est égale à la moitié du rayon de l'orbite électronique externe.

En admettant que ce dernier est égal au rayon de l'atome de mercure calculé par Van Laar [1] à partir du coefficient b de l'équation de Van der Waals, soit $1,5.10^{-8}$ cm, on trouve pour rayon de choc $0,75.10^{-8}$ cm,

---

(1) *Zeits. f. anorg. Chemie*, 104, 1918, p. 81.

valeur qui concorde remarquablement avec celle déduite par Fermi (¹) de considérations théoriques entièrement différentes ($0,8.10^{-8}$ cm).

La densité électronique étant connue, il est facile de calculer le nombre de chocs par seconde et par centimètre cube; celui-ci est égal à $3,1.10^{12}$.

3° *Probabilité d'émission d'un quantum.* — Le quantum de la radiation de résonance étant égal à $7,75.10^{-12}$ erg, le nombre de quanta émis par seconde et par centimètre cube du gaz luminescent est de $3,0.10^{12}$. Le rapport de ce nombre au nombre de chocs est 0,97. Il est intéressant de rapprocher ce résultat de celui de Sponer (²) qui, étudiant la diffusion des électrons dans la vapeur de mercure, a conclu que la proportion de chocs inélastiques entre atomes et électrons de potentiel égal à 6,9 volts était de 92 pour 100.

La précision des mesures n'est pas suffisante pour que l'on puisse considérer le résultat obtenu comme définitif, mais il est certain que la probabilité d'émission d'un quantum à la suite d'un choc est élevée. Il paraît actuellement *très probable* que, dans les conditions correspondant au maximum de la fonction d'excitation, *tous les chocs sont efficaces* pour la production du rayonnement.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Cellule photo-électrique pour la mesure du rayonnement ultraviolet moyen.* Note de MM. **L. Mallet** et **R. Cliquet**, présentée par M. Ch. Fabry.

En vue de déterminer l'intensité des sources artificielles (arcs, étincelles, décharges dans les gaz) dans le domaine de l'ultraviolet moyen, nous avons utilisé l'effet photo-électrique. On sait que l'émission électronique des métaux exposés aux rayons lumineux n'apparaît, pour chaque métal, que pour les longueurs d'onde inférieures à une certaine limite. Il est possible alors d'étudier une région particulière du rayonnement sans recourir à la dispersion spectrale.

On connaît depuis longtemps la sensibilité des métaux tels que le zinc, le cuivre, le mercure aux radiations ultraviolettes, mais ce sont surtout les métaux alcalins : lithium, potassium, sodium, rubidium qui ont été étudiés à cause de leur sensibilité photo-électrique dans le spectre visible. La cellule à l'hydrure de potassium, qui est actuellement entrée dans la pratique cou-

(¹) *Zeits. f. Phys.*, 29, 1924, p. 315.
(²) *Zeits. f. Phys.*, 7, 1921, p. 185.

rante, ne peut servir pour la mesure de l'ultraviolet moyen, sa sensibilité ayant son maximum pour 4500 Å et tendant à devenir nulle au-dessous de 3600 Å (M. Khan Hessaby) [1].

Zilard cependant a construit une cellule au cadmium à sensibilité sélective entre 3900 et 2950 Å, comprenant par conséquent le domaine de l'ultraviolet solaire.

Après essai de plusieurs métaux, nous avons fixé notre choix sur l'alliage *cadmium-argent* qui nous a paru avoir la sensibilité la plus étendue dans le spectre ultraviolet moyen. L'émission photo-électrique d'un tel alliage a son seuil, dans les conditions de construction de notre cellule, pour une longueur d'onde limite un peu supérieure à 2900 Å.

Notre cellule photo-électrique comprend une cathode constituée par un petit disque argent-cadmium d'un diamètre de 1^{cm} placé au centre d'une ampoule de quartz fondu; la surface de l'alliage est mate. L'anode est formée par un anneau de tungstène placé au-dessus de la cathode. Après extraction très complète des gaz retenus par les parois et les électrodes, le tube de quartz a été fermé sous une légère pression d'argon afin d'augmenter le courant électronique par une ionisation secondaire par chocs.

La cellule est placée dans un cylindre de laiton pourvu d'une fenêtre munie d'un diaphragme iris. L'anode est en relation avec la terre. La cathode est reliée au support de feuille d'un électroscope.

Le courant d'ionisation développé sous l'influence du rayonnement est observé par la méthode de la perte de charge. La feuille de l'électroscope est repérée à l'aide d'un microscope dont l'oculaire est pourvu d'une échelle micrométrique. Avant la mesure on charge la feuille de l'électroscope au moyen d'un petit condensateur, alimenté par 20 petits éléments de piles, dont on fait varier la capacité. On peut également la charger à l'aide d'une batterie de 300 volts.

La sensibilité de l'appareil peut être diminuée en augmentant la capacité de l'électroscope. On mesure, au moyen d'un compte-secondes, le temps de chute de la feuille de l'électroscope entre deux divisions arbitrairement choisies sur l'échelle micrométrique. Ce temps peut être rapporté à celui fourni par une source étalon dans des conditions déterminées; on est ainsi renseigné sur la quantité de rayonnement émis pendant le temps correspondant.

---

[1] *Thèse de l'Université de Paris*, 1927, p. 47.

La cellule s'est montrée exempte d'inertie et de fatigue photo-électrique, en sorte que les mesures faites à intervalles de temps sont comparables : de plus, elle ne présente pas de courant d'obscurité. Il n'apparaît pas d'effet sélectif pour une direction privilégiée.

Exposée à la lumière du jour, la cellule reste parfaitement insensible, de même qu'en présence des sources lumineuses enveloppées de verre, mais elle se montre sensible aux sources émettant des ultraviolets moyens. Exposée au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure fonctionnant sous 3 ampères, elle manifeste à une distance de 14^m un courant très notable. Avec les sources puissantes et une courte distance, pour ne pas avoir une chute trop rapide, on doit diaphragmer ou recueillir le rayonnement à l'aide d'une tige localisatrice en quartz adaptable à la fenêtre. L'interposition d'une plaque de verre ordinaire fait cesser instantanément l'effet photo-électrique.

L'insensibilité au rayonnement solaire montrait déjà que la longueur d'onde limite devait être dans l'ultraviolet moyen. L'analyse spectrale nous a permis de le confirmer. Employant comme source l'arc au mercure, à l'aide du spectrographe Secretan à prismes de quartz, nous avons pu avec M. Lucien Roux, à l'Institut d'Optique, étudier la sensibilité photo-électrique de notre cellule pour un certain nombre de raies. La sensibilité de la cellule se manifeste nettement à partir de 2900 Å, elle présente dans le spectre du mercure un maximum pour 2536 Å, puis décroît ensuite.

D'autre part, si l'on interpose sur le trajet du faisceau global un filtre de verre transparent jusqu'aux environs de 2700 Å, on constate un effet photo-électrique très net.

Ce type d'appareil se prête à l'étude comparée des diverses sources émettant l'ultraviolet moyen, ainsi qu'à la recherche des variations de l'intensité lumineuse suivant le régime auxquelles ces sources sont soumises. Il permet d'étudier la répartition du rayonnement dans l'espace suivant la distance, les dimensions et la forme des sources, ainsi que le pouvoir réflecteur des métaux. Son emploi est aussi indiqué en photobiologie pour la mesure des intensités reçues ou transmises.

PHYSIQUE. — *Phénomènes optiques présentés par le quartz mis en vibration piézo-électrique.* Note de MM. **R. Moens** et **J.-E. Verschaffelt.**

En observant les phénomènes optiques présentés par des quartz mis en vibration piézo-électrique, nous avons pu mettre en évidence des effets en partie prévus, en partie inattendus.

Le parallélépipède de quartz qui servit principalement à nos expériences avait pour dimensions :

a. Dans le sens de l'axe électrique : 8^{mm};

b. Dans le sens de l'axe optique : 12^{mm};

c. Dans la direction normale à ces deux : 34^{mm}.

Il était mis en vibration en l'introduisant entre deux électrodes reliées au circuit oscillant de plaque d'une triode d'émission (voltage de plaque 400 volts). La fréquence de cet oscillateur variait très progressivement et pouvait être rendue égale à la fréquence propre correspondant à la dimension de 8^{mm} (fréquence 450000 environ).

Le quartz était placé entre deux nicols et la lumière qui le traversait était analysée au spectroscope.

Observations faites dans le sens de l'un des axes électriques (*dimension de* 8^{mm}). — Nous avons employé d'abord la lumière blanche d'une lampe à incandescence. La lame était placée entre deux nicols croisés, on observait au spectroscope un spectre cannelé à franges trop larges (40 Å environ) pour donner un effet quand la lame était mise en vibration. Mais en substituant à la lumière blanche celle d'un arc au Hg, il se fit que la raie bleue de ce spectre se trouvait à la limite d'une frange noire, de sorte que, quand le quartz était excité, on pouvait voir un changement d'intensité de cette raie. L'effet fut plus frappant avec l'arc au fer : en excitant et désexcitant alternativement le quartz on vit alors apparaître ou disparaître un grand nombre des raies. Ce phénomène est bien d'accord avec les observations de Tawil (*Comptes rendus* du 5 décembre 1926) dont nous avons eu connaissance au cours de ce travail et que nous avons pu confirmer.

Observations faites dans le sens perpendiculaire aux axes électrique et optique (*dimension de* 34^{mm}). — Dans ce cas le spectre cannelé donné par la lumière blanche était à franges très fines et très nombreuses (distantes de quelques angströms seulement). Dès que le quartz entrait en résonance, les franges s'élargissaient au point même de disparaître complètement, de

sorte que le spectre devenait continu. Nous avons fait la même expérience en employant la lumière d'une flamme au sodium. On peut alors faire en sorte qu'une des raies D_1 ou D_2 soit cachée par une frange noire, de sorte qu'on ne la voie pas, le quartz étant au repos; mais dès que le quartz est excité, les deux raies reviennent avec des intensités sensiblement égales.

Observations dans le sens de l'axe optique. — Dans cette direction nous observions dans le spectre continu une bande noire, due à la polarisation rotatoire et correspondant à la lumière qui est éteinte pour l'orientation spéciale qu'on a donnée à l'analyseur par rapport au polariseur. En tournant l'analyseur nous amenions cette bande dans une partie du spectre facilement observable, puis nous établissions le champ électrique alternatif. Au moment de la résonance, la bande noire se déplaçait nettement vers le rouge, tout en s'affaiblissant. La grandeur de ce déplacement est considérable : partant du vert, la bande peut atteindre et dépasser la région jaune du spectre. Le déplacement se produit d'ailleurs pour toute orientation des nicols et quelle que soit la situation de la bande dans le spectre; sa grandeur est à peu près la même partout. On peut modifier progressivement le déplacement en variant l'intensité de l'excitation piézo-électrique, soit en diminuant la température du filament, soit en diminuant la tension de plaque de la lampe oscillante. Pour de faibles puissances d'excitation, la bande semble se rétrécir du côté du violet, le bord rouge restant immobile. Ce n'est que pour des vibrations assez intenses que toute la bande se déplace nettement. Elle devient en même temps plus pâle. Tout comme dans les expériences décrites plus haut, le phénomène optique permet de localiser avec précision la résonance piézo-électrique.

Le déplacement de la bande noire semble indiquer un changement dans le pouvoir rotatoire et notamment une augmentation de ce pouvoir, car on peut ramener la bande dans sa position primitive en faisant tourner l'analyseur dans le sens du pouvoir rotatoire. Quant à l'éclaircissement que montre la bande dans son déplacement, il nous semble résulter simplement d'une biréfringence accidentelle de même nature et de même ordre, sans doute, que la variation de biréfringence observée dans les directions perpendiculaires à l'axe optique.

Deux choses nous étonnent dans ce phénomène : d'abord la grandeur de l'effet (la variation de la rotation comporte plusieurs dizaines de degrés), ensuite le fait que la variation de la rotation du plan de polarisation s'effectue dans un sens déterminé, alors qu'on s'attendrait plutôt à voir cette variation changer de signe avec le sens de la déformation. D'ailleurs elle

n'est pas l'effet d'une déformation élastique, car en comprimant dans un sens perpendiculaire à l'axe optique une lame de quartz normale à l'axe, nous n'avons rien vu d'un changement dans la rotation du plan de polarisation : la bande noire s'éclaircissait, mais sans changer de place. Et nous n'avons rien pu constater non plus d'un changement dans la rotation en plaçant la lame dans un champ électrique intense, ce qui peut être rapproché de l'observation faite par M. Ny Tsi Ze ([1]) que dans un champ électrique le quartz ne change presque pas de dimension dans le sens de cet axe.

Nous avons fait encore l'observation dans le sens de l'axe optique en employant une lumière quasi monochromatique (lumière de sodium) et en regardant la lame, disposée comme précédemment, à travers une lunette ou par vision directe. L'extinction étant obtenue par une rotation convenable de l'analyseur, on voit le champ s'éclaircir dès que le quartz entre en vibration.

Dans toutes les expériences l'effet optique paraît instantané. Nous tenons à signaler l'application possible de ces phénomènes au problème de la télévision.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'acide phosphorique sur le calcaire en présence d'argile et de matières pulvérulentes.* Note ([2]) de M. **René Dubrisay** et Mlle **Florence Desbrousses**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'acide phosphorique répandu sur des sols agricoles (spécialement sous forme de superphosphate) réagit sur le carbonate de calcium en se transformant en phosphate insoluble, ce qui explique sa fixation par la terre végétale. Mais Schlœsing a montré d'autre part que les phosphates de chaux se dissolvaient dans les eaux chargées d'acide carbonique, si bien qu'une partie de l'acide phosphorique peut échapper à la fixation en passant dans les eaux de drainage. On peut donc se demander si la présence des matières pulvérulentes, et spécialement de l'argile, ne provoque pas des perturbations analogues à celles que l'un de nous a observées dans un cas semblable ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1645.

([2]) Séance du 7 novembre 1927.

([3]) René Dubrisay et Bravard, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 385 et suiv.

Nous avons, en conséquence, procédé aux essais suivants : 1g de carbonate de chaux était mis en présence de 100cm³ de solutions à titres connus et progressivement croissant d'acide phosphorique, soit en présence, soit en l'absence de kaolin. Le tout était agité mécaniquement pendant plusieurs heures, puis on filtrait le liquide et l'on en mesurait la conductibilité électrique. Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau I.

TABLEAU I.

Nombre de cm³ d'acide phosphorique normal dans 100cm³ de solution.	Conductibilité en unités conventionnelles. Solution en contact de carbonate seul.	Solution en contact de carbone et de 10g de kaolin.
0	1	3
2	17	34
4	21	69
6	27	98
8	76	133
10 (1)	126	153

L'addition d'argile provoque donc un accroîssement notable de la conductibilité, et par suite de la proportion de matières restant en solution. Nous avons cherché à déterminer la quantité d'acide phosphorique dissous, et, dans ce but, nous avons tout d'abord procédé à des dosages volumétriques au moyen d'une solution titrée d'azotate d'urane à 40g par litre (2). Les résultats obtenus ont été consignés dans le Tableau II, où sont indiqués dans la première colonne la nature des matières solides, dans les colonnes suivantes le nombre de centimètres cubes de liqueur d'urane nécessaires pour précipiter complètement l'acide phosphorique dissous dans 20cm³ de solution.

TABLEAU II.

(Les chiffres portés en tête des six dernières colonnes indiquent le nombre de centimètres cubes de solution d'acide phosphorique normal contenus dans 100cm³ de la solution mise en contact des matières solides désignées dans la première colonne.)

	2.	4.	5.	6.	7.	8.
1g de carbonate seul	»	»	3,9	10,5	13,0	20,1
1g de carbonate et 1g de silice (3)	»	»	17,6	»	20,7	21,7
1g de carbonate et 10g de kaolin	8,7	16,7	21,2	24,5	27,0	30,7

(1) Quantité d'acide phosphorique correspondant à la transformation complète du calcaire en phosphate monocalcique.

(2) Méthode de Grandeau (*Traité d'analyse des matières agricoles*, 1, Paris 1897, p. 350).

(3) Silice obtenue par hydrolyse du fluorure.

Nous avons contrôlé ces résultats en dosant pondéralement l'acide phosphorique et la chaux dissous dans la liqueur obtenue en agitant 100^{cm^3} d'une solution contenant 8^{cm^3} d'acide phosphorique normal après contact avec 1^g de carbonate de chaux seul ou additionné de 10^g de kaolin. Nous avons ainsi trouvé dans le cas du carbonate seul $0^g,670$ de P^2O^5 et $0^g,251$ de chaux pour 100^{cm^3} de liquide, et dans le cas de carbonate additionné de kaolin 0,965 de P^2O^5 et 0,311 de chaux.

A la vérité, on peut adresser une critique à ces expériences : l'acide carbonique produit au moment de l'attaque du calcaire se dégageant dans des conditions qui peuvent varier, la composition de la liqueur risque de subir des changements mal définis. De fait, on observe la formation de précipités lorsque la solution filtrée est abandonnée à l'air pendant 24 heures. Nous avons alors procédé à l'essai suivant : 1^g de carbonate de chaux était mis dans un flacon tubulé au contact de 100^{cm^3} d'une solution contenant 6^{cm^3} d'acide phosphorique normal ; le tout était agité par barbotage d'acide carbonique, et l'on filtrait dans une atmosphère de ce gaz. La même expérience était répétée avec du carbonate additionné de 10^g de kaolin, On a dans ces conditions trouvé $0^g,380$ de P^2O^5 pour 100^{cm^3} de liqueur dans le cas du carbonate seul, et 0,716 dans le cas du carbonate additionné de kaolin.

Il apparaît donc que la fixation de l'acide phosphorique est entravée par la présence des matières absorbantes, et spécialement de l'argile. Cette action se manifeste même lorsque la proportion de calcaire est assez grande pour transformer tout l'acide en phosphate insoluble. Nous espérons pouvoir compléter ces résultats et proposer une interprétation du mécanisme du phénomène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le potentiel apparent des solutions de glucose.* Note (¹) de M. **René Wurmser**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons déjà indiqué (²) avec E. Aubel et L. Genevois l'intérêt que présente en biologie la détermination des potentiels apparents des glucides réducteurs. Si les derniers stades de l'oxydation de ces corps sont imputables à une activation de l'oxygène, il semble bien qu'au moins les premiers

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) E. Aubel, L Genevois et R. Wurmser, *Sur le potentiel apparent des solutions de glucides réducteurs* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 407).

stades se font par une déhydrogénation au sens de Wieland et que ce sont eux qui permettent dans les cellules la réalisation des synthèses. Or c'est au cours de ces premiers stades qu'est également libéré l'hydrogène qui charge les électrodes de métal. Dans le cas du lévulose la mesure électrométrique donne une valeur très voisine de celle obtenue d'après la nature des colorants réduits ou non par le lévulose. Il était nécessaire de reprendre ces déterminations pour chaque glucide afin de préciser les valeurs des potentiels et les divers facteurs susceptibles de les modifier. La présente Note résume les résultats obtenus dans le cas du glucose.

Dans des solutions de glucose à 3 pour 100 en milieu tamponné, on plonge des électrodes de platine ou d'or à raison de 2 électrodes par récipient. Les solutions sont maintenues à l'abri de l'air et communiquent par un siphon capillaire avec un vase contenant une solution de KCl saturée dans laquelle plonge une électrode Hg^2Cl^2, KCL saturée. Le thermostat est réglé à $40° \pm 0,05$. Les écarts entre les électrodes sont inférieurs aux erreurs de mesure.

1° Les électrodes de platine et d'or donnent le même potentiel à la précision des mesures, soit à $0^v,002$ près;

2° La nature du tampon intervient sur la vitesse d'établissement du potentiel et aussi sur sa valeur. Les résultats ci-dessous sont tous relatifs à des mélanges de phosphates M/10;

3° La vitesse d'établissement du potentiel et sa valeur dépendent de la concentration en ions OH. Du pH 8,2, où le potentiel ne s'établit qu'en 2 mois, au pH 9,75 où il s'établit en 2 jours, la courbe représentant l'établissement du potentiel en fonction du temps est très régulière. La valeur finale E_H par rapport à l'électrode d'hydrogène normale est

$$E_H = 0^v,498 - 0,086 \text{ pH} \pm 0,002.$$

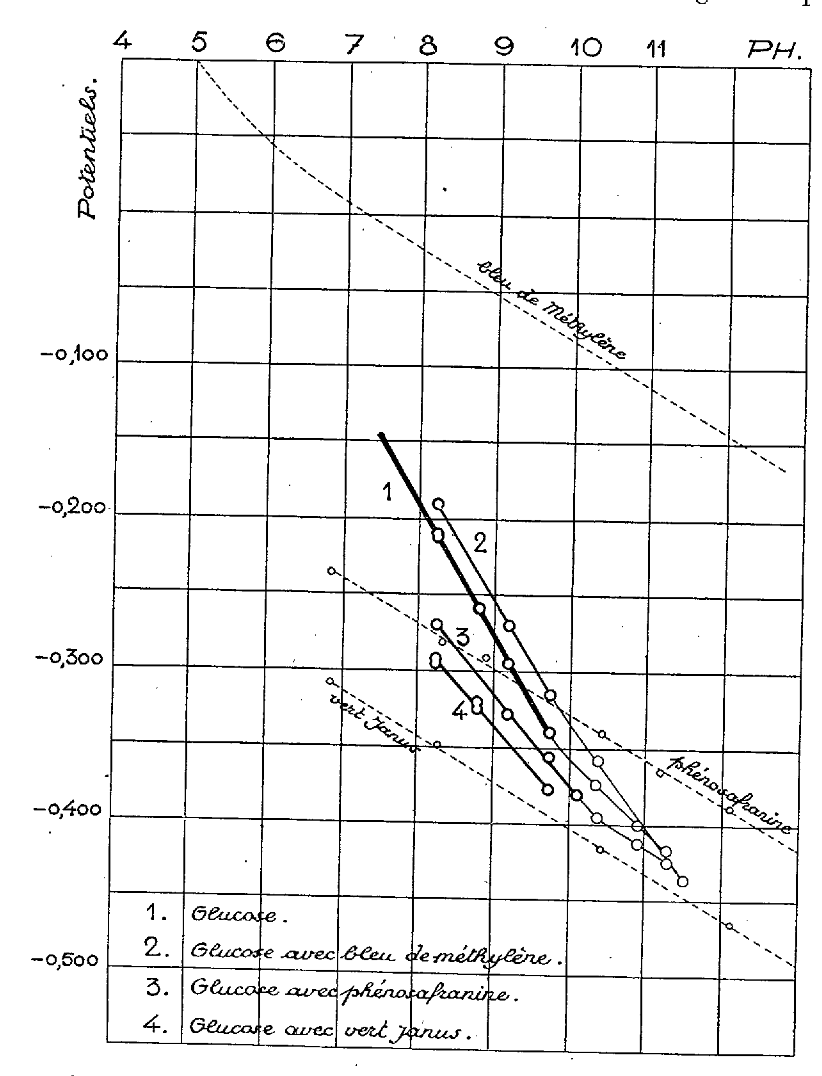
Au pH 7,5, on a par extrapolation $E_H = -0^v,147$, soit une valeur très voisine de celle trouvée précédemment pour le lévulose;

4° En présence de colorants réductibles, à la concentration de 2.10^{-3} gr pour 100, les potentiels du mélange tampon + glucose + colorant sont donnés par les relations :

Avec bleu de méthylène..................	$E_H = 0^v,485 - 0,082$ pH
Avec phénosafranine......................	$E_H = 0^v,216 - 0,059$ pH
Avec vert Janus..........................	$E_H = 0^v,159 - 0,055$ pH

Or la figure ci-après qui indique les potentiels normaux de ces colorants

en fonction du pH montre que le bleu de méthylène [1] est entièrement sous la forme réduite aux potentiels correspondant à ceux du glucose pur, que



la phénosafranine est partiellement oxydée et que le vert Janus l'est plus encore. Les formes oxydées des colorants abaissent donc le potentiel du mélange, tandis que la forme réduite tend à l'élever.

---

(1) La courbe relative au bleu de méthylène est extraite du travail de Mansfield Clark : *Studies on Oxydation-reduction* (*Public Health Reports*. Washington, n° 1017, 1925, p. 23).

Aux pH supérieurs à 10 les potentiels limites sont moins constants. Ces potentiels sont en effet réglés par la vitesse avec laquelle le glucose libère de l'hydrogène. L'accroissement d'alcalinité donne naissance soit à des réactions nouvelles qui utilisent partiellement cet hydrogène, soit même à un clivage initial de la molécule différent du clivage qui se produit au voisinage de la neutralité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le traitement des pièces en alliages ferreux dans des solutions de phosphates complexes, en vue de leur protection contre la corrosion.* Note de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

Poursuivant mes recherches sur les protections contre la corrosion, j'ai entrepris l'étude du traitement des alliages ferreux dans les solutions de phosphates complexes, et de l'effet de cette opération sur la résistance à des attaques diverses.

La méthode consiste à traiter le fer, la fonte ou l'acier, dans des bains acides bouillants renfermant 3 à 4 pour 100 de phosphates de fer et de manganèse préparés à partir de l'acide orthophosphorique; lorsque les pièces, préalablement décapées, sont immergées dans ces solutions, il se produit une attaque superficielle avec dégagement d'hydrogène et production d'un phosphate de fer secondaire lequel atteint rapidement la limite de saturation; l'attaque s'arrête alors et il se produit sur le métal un dépôt des phosphates complexes en excès; le recouvrement obtenu, d'une couleur gris noir, est extrêmement adhérent puisqu'il se dépose sur un métal légèrement gravé par l'attaque antérieure : il est de plus très résistant à la corrosion atmosphérique normale; il constitue enfin, de par sa nature même, une base d'accrochage remarquable pour des finitions (vernis cellulosiques, émaux, laques antiacides, etc.) appropriées aux genres de corrosions spéciales contre lesquels les pièces peuvent avoir à lutter.

Des titrages périodiques du bain règlent sa régénération par addition de phosphates; j'estime à environ 30^{g} cette consommation en sels complexes, par mètre carré de surface métallique traitée; j'ai d'autre part vérifié que, par ce traitement, les propriétés physiques ou mécaniques (sonorité, élasticité, aimantation, etc.) des pièces ne sont pas diminuées; la surépaisseur provoquée par le dépôt est presque négligeable, de l'ordre de 5 millièmes de millimètre. Mais il y a lieu de noter, au point de vue des applications industrielles possibles, que ce traitement n'amène aucun durcissement

superficiel comme la cémentation par l'azote ou par le carbone, qu'il n'entraîne pas une résistance à température élevée comme la cémentation par l'aluminium, et qu'enfin, il est seulement valable sur alliages ferreux (ce qui par contre permet d'effectuer si nécessaire des réserves sur ces alliages ferreux, par recouvrement préalable de cuivre comme dans la cémentation par le carbone).

Afin de préciser la valeur de la protection obtenue, j'ai effectué plusieurs séries d'essais de corrosion, comparativement à l'acier doux (métal de base des éprouvettes) nu sablé, au minium, au nickelage, à l'étamage. à la galvanisation à chaud, à la galvanisation électrolytique et à la shérardisation; les éprouvettes traitées par les phosphates avaient reçu une finition légère à l'huile de lin essorée. Les milieux corrosifs employés ont été : l'atmosphère normale, l'eau de conduite, l'eau de mer, l'eau chargée de gaz carbonique, l'eau aérée, la vapeur d'eau, des solutions ammoniacales à 1 pour 100, d'acide acétique à 5 pour 100, d'eau de Javel à 5 pour 100, de carbonate de sodium à 5 pour 100, de bicarbonate de sodium à 5 pour 100 et de bisulfite de sodium à 5 pour 100; dans les réactifs liquides, les éprouvettes étaient partiellement immergées seulement, de façon à faire intervenir l'action essentielle de l'air; j'ai observé journellement l'effet de la corrosion; d'autre part, j'ai déterminé les pertes de poids des éprouvettes et les quantités de fer passées dans les bacs après les trente-deux jours qu'ont duré les essais; le tableau ci-après donne quelques-uns des résultats numériques obtenus.

Tableau des variations de poids (en cg : dm²) *éprouvées pour différents genres de protection dans des réactifs divers.*

(Éprouvettes rectangulaires de 10 × 5^{cm} et de 75^{g} en moyenne; métal de base : acier doux; corrosions grattées avant pesée finale.)

							Solutions					
	Atmosphère normale.	Eau de conduite.	Eau de mer.	Eau chargée de gaz carbonique.	Eau aérée.	Vapeur d'eau.	d'ammoniaque (1%).	d'acide acétique (5%).	d'eau de Javel (5%).	de carbonate de sodium (5%).	de bicarbonate de sodium (5%).	de sul[illegible] d[illegible] sod[illegible] (5[illegible]
Acier de base nu....	+13	—52	+44	—55	+ 3	+38	—47	—512	—124	+ 1	+ 8	—
Recouvr. phosphates.	0	0	+ 1	0	+ 1	0	+ 1	— 80	— 4	— 4	— 3	—
» minium ...	0	— 2	—33	— 2	— 1	—68	— 4	—211	— 63	—12	—26	—[illegible]
» nickelage..	+ 3	—32	—27	—16	— 3	— 9	—25	—590	— 40	— 1	0	—[illegible]
» étamage ...	+ 1	0	— 9	— 1	0	+ 1	0	— 78	0	—15	—16	—[illegible]
» galvanisat..	+ 1	+11	+27	—32	+ 7	+ 7	— 1	—669	+ 3	+ 7	+36	—[illegible]
» zinc. élect.	+ 1	+ 7	+23	—28	+ 6	+ 6	+ 2	—436	+ 5	+13	+32	—
» shérardisat.	+ 2	+15	+23	—28	+13	+13	+ 1	—690	0	+30	+43	—

Les résultats d'ensemble (1) peuvent être résumés comme suit : les éprouvettes traitées aux phosphates ont montré une résistance au moins égale et souvent très supérieure aux autres modes de recouvrement dans l'air, l'eau de conduite, l'eau de mer, l'eau chargée de gaz carbonique, la vapeur d'eau, le vinaigre, les solutions d'eau de Javel, de carbonate, bicarbonate et bisulfite de sodium; dans l'eau aérée, les galvanisations à chaud et électrolytique, et dans l'eau ammoniacale, l'étamage, présentent une très légère supériorité.

J'ai essayé également la corrosion aux acides usuels; là, une finition spéciale est nécessaire pour obtenir l'immunité, sans quoi le recouvrement de phosphates, seul, s'abîme rapidement.

J'ai fait en outre les remarques suivantes : d'abord, lorsqu'une solution de continuité se révèle dans les recouvrements autres que celui de phosphates, la corrosion gagne rapidement tout autour en s'infiltrant sous la couche protectrice; avec le traitement aux phosphates, la propagation de l'attaque est par contre nettement freinée par suite de l'excellent « accrochage » de la couche; ensuite, dans les autres modes de protection, les régions attaquées les premières sont toujours les coins ou arêtes des éprouvettes, en raison soit des différences de contraction au refroidissement, aggravées parfois par les températures élevées du traitement, soit des tensions, afférant au genre de recouvrement; au contraire, sur les éprouvettes traitées aux phosphates, ces régions sont beaucoup moins vulnérables.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Conséquences analytiques du domaine de stabilité de la cryolithe.* Note (2) de M. **Travers**, présentée par M. Matignon.

Dans une précédente Note (3) nous avons étudié l'équilibre ionique :

$$\text{(1)} \qquad Al(OH)^5 + 6F \rightleftharpoons AlF^6 + 3OH.$$

Nous nous proposons aujourd'hui : 1° de montrer quelques applications intéressantes de cette réaction au point de vue qualitatif.

(1) On sait que dans les essais de ce genre, de multiples causes d'erreur interviennent, et qu'il faut se faire une idée d'ensemble, d'après la totalité des résultats obtenus.

(2) Séance du 7 novembre 1927.

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 893.

2° De discuter le problème de la séparation analytique de la *silice et du fluor en présence d'alumine*.

I. La mise en liberté d'ions OH par la réaction (1) peut être utilisée pour démontrer :

a. La dissociation du kaolin, par chauffage, en alumine et silice *libres*. Le kaolin mis en suspension dans l'eau donne une réaction négative, même après ébullition prolongée avec le fluorure de potassium. Au contraire, s'il a été préalablement chauffé à 400° (ou plus haut vers 600°), il donne une réaction positive nette, en même temps qu'on peut montrer sur un autre essai la présence de SiO^2 *libre*, en formant l'acide silico-molybdique jaune (1).

b. Pour déceler l'*alumine hydratée libre* dans certains calcaires argileux, comme les farines à ciment.

II. *Séparation de la silice et du fluor en présence d'alumine*. — Ce problème se pose dans l'analyse d'un certain nombre de roches : topaze, lépidolithe, amblygonite, et de produits artificiels, comme le ciment dentaire de Trey.

L'une des plus anciennes méthodes de séparation de la silice et du fluor est celle de Berzélius (2) : après fusion alcaline (KOH ou CO^3K^2) de la roche, et reprise par l'eau, on chauffe la solution avec du carbonate d'ammoniaque en grand excès : la silice précipite *presque* complètement sans entraîner de fluor.

Il y a deux cas distincts à considérer :

1° La roche ne renferme pas d'alumine, c'est le cas en général de la fluorine.

La méthode de Berzélius est correcte ; cela tient à ce que, pour le pH du milieu qui est au moins égal à 7 (la potasse est transformée en bicarbonate), le fluosilicate n'est pas stable (3) ; la silice n'entraînera donc pas de fluor.

2° Dans le cas où la roche renferme de l'alumine, après reprise par l'eau, toute l'alumine *peut* ne pas passer à l'état de silico-aluminate *insoluble* dans l'eau (type permutite), il en reste dans la solution alcaline sous forme *d'aluminate* AlO^2K, et non de cryolithe, car le pH des liqueurs obtenues est très élevé (>13). Mais, quand on ajoute des sels ammoniacaux, on diminue le pH, et la cryolithe se forme d'après les réactions succes-

---

(1) On ajoute à du kaolin cuit de la solution de $MoO^3.2H^2O$ (Communication inédite de M. Malaprade).

(2) TREADWELL, *Analyse quantitative*, 1919, p. 434.

(3) La courbe de neutralisation de SiF^6H^2 présente pour pH = 6 une tangente d'inflexion *verticale* très nette, correspondant à la décomposition totale.

sives :

$$AlO^2 + 2H^2O \rightleftharpoons Al(OH)^3 + OH$$
$$Al(OH)^3 + 6F \rightleftharpoons AlF^6 + 3OH$$

une partie de l'alumine précipitera donc avec la silice, ce qui fausse les deux dosages de la silice et de l'alumine. La méthode fournit cependant des résultats acceptables, si le filtrat alcalin ne renferme que quelques milligrammes d'alumine, car une *fraction* seulement de celle-ci précipite en cryolithe (réaction limitée).

3° *Dosage du fluor et de la silice.* — Dans deux Communications antérieures nous avons indiqué un procédé de dosage à froid du fluor et de la silice, sous forme de SiF^6K^2. On peut se demander quelle est sa validité, quand la liqueur alcaline de départ renferme de l'alumine; on sait qu'on la neutralise jusqu'à $pH = 3$ à $3,5$, pour lequel SiF^6K^2 est stable (¹); si elle renferme de l'aluminate, on précipitera donc en même temps de la cryolithe. (On reconnaît d'ailleurs facilement cette dernière dans le titrage ultérieur à la potasse, la décomposition de SiF^6K^2 est quasi instantanée à l'ébullition, celle de AlF^6K^3 est beaucoup plus lente et incomplète, il en résulte un virage très mauvais.)

Si l'on veut doser le fluor, le dosage sous forme de SiF^6K^2 n'a donc aucun sens, puisque cet élément se trouve réparti d'une façon inconnue entre deux complexes.

Le dosage de la silice est aussi entaché d'erreur. En résumé :

1° La séparation de la silice et du fluor par la méthode de Berzélius est incorrecte en présence d'alumine.

2° Le dosage précis du fluor et de la silice sous forme de SiF^6K^2 est impossible, si la liqueur alcaline de départ renferme plus de quelques milligrammes d'alumine.

Si la roche renferme un rapport $\frac{Al^2O^3}{SiO^2}$ inférieur à $\frac{1}{3}$, et si elle est attaquable par fusion aux carbonates alcalins *seuls*, quand on reprend par l'eau, *presque* toute l'alumine reste sous forme d'une permutite insoluble, le dosage précis du fluor dans le filtrat est alors parfaitement possible (exemple, cas de la cryolithe, fondue avec $SiO^2 + CO^3Na^2$).

Si la roche est au contraire attaquable seulement par fusion à là potasse (mica, topaze, etc.), la stabilité de la permutite formée après reprise par

(¹) Le premier virage de l'acide fluosilicique correspond à $pH = 3$ (courbe de neutralisation).

l'eau, est diminuée, en *raison du* pH *plus élevé;* une partie de l'alumine passe alors sous forme d'aluminate soluble; en neutralisant ultérieurement jusqu'à pH = 3,5 on précipitera donc un mélange de complexes fluorés.

MÉTALLURGIE. — *Sur un procédé de déferrage.* Note (1) de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai étudié récemment la préparation des ferro-alliages de Cu, de Ni et de Co, en partant des minerais ferrugineux.

Certains de ces ferros peuvent être utilisés à l'état brut; d'autres, au contraire, exigent un raffinage soigné. La principale impureté de ceux-ci étant le fer, c'est par le déferrage qu'on doit commencer la purification de ces métaux.

Le déferrage des ferro-cuivres ne peut pas présenter de difficultés parce que ces alliages assez fusibles peuvent être traités dans un convertisseur et que les pertes de cuivre dans la scorie sont faibles, comparables à celles que l'on observe dans le déferrage des mattes de cuivre.

On trouvera ci-dessous quelques chiffres relatifs au partage du cuivre entre le métal et la scorie, obtenus au laboratoire dans des expériences sur le déferrage des ferro-cuivres :

Teneurs du métal en cuivre pour 100....	82,0	90,6	96,9	99,10	99,60
Rapports $\frac{Cu}{Fe}$ dans les scories correspondantes...........................	0,026	0,075	0,125	0,360	1,05

Il n'en est pas de même pour les ferro-nickels et les ferro-cobalts. Les chaleurs de formation de NiO et de CoO étant voisines de celle de FeO, les pertes par oxydation dans la scorie sont plus importantes que dans le cas du cuivre. Pour que les pertes totales ne deviennent pas excessives, il faut réduire au minimum les entraînements mécaniques du métal par la scorie, ce qui oblige à travailler avec des scories très chaudes et très fluides. C'est là un premier inconvénient, si le déferrage est opéré dans un convertisseur où l'on n'est pas maître de la température.

Les ferro-nickels et les ferro-cobalts fondant à des températures supérieures à 1400°, la chaleur dégagée par la combustion du fer n'est pas suffisante à elle seule pour maintenir le métal liquide pendant les quelques

(1) Séance du 7 novembre 1927.

heures qu'exige le déferrage. Le convertisseur classique ne convient donc plus. Il faut soit réchauffer l'air insufflé, soit le remplacer par de l'oxygène, ou encore disposer d'une source de chaleur (arc électrique, par exemple) à l'intérieur du convertisseur, ce qui n'est guère aisé.

Mais la principale difficulté dans l'emploi du convertisseur vient de la mauvaise tenue de son revêtement réfractaire, qu'il soit acide ou basique. Aux températures élevées qu'exige l'opération, il est rapidement dissous par les oxydes de fer ou désagrégé par l'action mécanique du métal en ébullition.

Après des essais nombreux mais peu concluants au convertisseur, j'ai tourné les difficultés en opérant le déferrage par un procédé que j'appellerai « déferrage par pulvérisation ».

Le ferro brut sortant du four de fusion de minerai, coulé en filet mince, au moyen d'une poche ou d'un four auxiliaire basculant, est frappé par un jet d'air comprimé à plusieurs kilogs. Le métal se divise alors en une infinité de gouttelettes qui brûlent au contact de l'air, en fixant de l'oxygène. La pulvérisation s'effectue dans une sorte de tunnel à parois métalliques, de plusieurs mètres carrés de section, parcouru par un violent courant d'air secondaire qui fournit l'oxygène nécessaire à l'oxydation du métal.

Suivant la température et l'épaisseur du filet de métal, le débit et la pression de l'air comprimé, la quantité d'oxygène fixé par le ferro-alliage varie de 1 à 18 pour 100. Cette dernière proportion d'oxygène correspond au métal aux trois quarts brûlé.

On aurait pu craindre que la pulvérisation produisît une grande quantité de poussières métalliques très fines qui, entraînées par le courant d'air hors de la chambre de pulvérisation, eussent été perdues. En fait, les grains métalliques incandescents précipités sur le sol et contre les parois de la chambre s'y collent. C'est ainsi que la presque totalité du métal pulvérisé est recueillie sous forme de plaquettes compactes, mais faciles à broyer. L'examen microscopique montre d'ailleurs que ces plaquettes sont formées de grains ou de pellicules à contours arrondis, soudés entre eux par des oxydes fondus. Les parois lisses et métalliques de la chambre de pulvérisation ont précisément pour but de rendre très aisé l'enlèvement des plaquettes.

Le métal oxydé est fondu ensuite dans un four électrique, opération qui est destinée à établir un équilibre entre les divers oxydes en présence et à scorifier le fer.

Le procédé admet plusieurs variantes. Si, par exemple, l'oxydation a été

insuffisante pendant la pulvérisation, les plaquettes sont broyées et grillées avant la fusion. Si, au contraire, le métal se trouve trop oxydé, la fusion des plaquettes se fait en présence de métal non pulvérisé.

On notera aussi que la fusion du métal non pulvérisé se fait sans addition de silice. La scorie est donc constituée par des oxydes presque purs, extrêmement fluides, ce qui réduit au minimum les pertes par entraînement ainsi que la quantité de scorie à retraiter.

Voici un exemple d'une série d'opérations exécutées sur un lot de plusieurs tonnes de ferro-nickel :

	Ni.	Fe.	O.	Divers.
Composition moyenne du métal avant la pulvérisation..	61,0	38,4	–	0,60
» » après la pulvérisation..	58,3	32,7	8,9	0,10
» » après la fusion........	95,6	4,0	–	0,40
» de la scorie après la fusion......	9,1	63,1	20,8	7,0

$$\text{Rapport de } \frac{\text{Ni}}{\text{Fe}} \text{ dans la scorie } \frac{9,1}{63,1} = 0,143.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés chimiques de la benzylidène-harmine.* Note [1] de MM. **V. Hasenfratz** et **R. Sutra**, présentée par M. Charles Moureu.

La harmine $C^{13}H^{12}N^2O$, un des alcaloïdes du *Peganum harmala*, possède une chaîne latérale constituée par un CH^3 dont la présence a été établie expérimentalement par W. Perkin et R. Robinson [2]. Elle se combine, en effet, avec l'aldéhyde benzoïque et, par élimination d'une molécule d'eau, forme la benzylidène-harmine, corps blanc cristallisé dont la formule peut être représentée par $(C^{12}H^9N^2O)-CH=CH-C^6H^5$.

Nous avons repris l'étude de ce corps et les résultats obtenus font l'objet de cette Note.

I. *Action du brome.* — Lorsqu'on traite, en présence d'acide acétique, la benzylidène-harmine (1^{mol}) par le brome (1^{mol}), on obtient un précipité jaune, constitué par un mélange de deux corps isomères ayant pour formule $C^{20}H^{16}N^2OBr^2$. Celui qui se forme en quantité prépondérante est insoluble dans l'alcool à 80° bouillant; l'autre, par contre, y est soluble, ce qui permet de les séparer facilement.

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) W.-H. Perkin junior et R. Robinson, *Journal of Chem. Soc.*, **101**, 1912, p. 1782.

Contrairement à ce qu'on aurait pu prévoir, ces isomères ne sont pas des dérivés bromés d'addition, mais, en réalité, les bromhydrates de deux dérivés monobromés de la benzylidène-harmine.

Le bromhydrate insoluble est traité par l'ammoniaque en présence d'alcool bouillant. La solution obtenue, additionnée d'eau chaude, laisse déposer par refroidissement des lamelles cristallines incolores, fondant nettement à 230° : c'est la *benzylidène-harmine monobromée α*.

Le bromhydrate soluble, décomposé par NH^3, en présence d'alcool ordinaire, fournit une base d'aspect gommeux. On obtient celle-ci sous forme de lamelles incolores lorsqu'on opère la décomposition au sein de l'alcool méthylique.

Ce corps ne présente pas de point de fusion net et se décompose vers 125° : c'est la *benzylidène-harmine monobromée β*.

La formule des deux bases isomères est $C^{20}H^{15}BrN^2O$ et correspond à des dérivés monobromés substitués de la benzylidène-harmine.

Les deux dérivés monobromés que nous venons de décrire se comportent comme des bases dont les sels sont généralement peu solubles. Leurs chloroplatinates $(C^{20}H^{15}BrN^2O, HCl)^2PtCl^4$ sont formés d'aiguilles jaunes insolubles.

II. *Action de* SO^4H^2 *à froid.* — La benzylidène-harmine se dissout, à froid, dans l'acide sulfurique concentré. La solution obtenue, versée dans une grande quantité d'eau donne un précipité jaune; ce corps se comporte comme un dérivé sulfonique. L'*acide benzylidène-harmine* N-*sulfonique* $C^{20}H^{15}N^2O, SO^3H$ se dissout dans les liqueurs alcalines en formant des sels décomposables par les acides, même par CO^2.

III. *Action de* CH^3I. — La benzylidène-harmine ne se combine qu'à une molécule d'iodure de méthyle. Le dérivé iodométhylé s'obtient par ébullition d'une solution de benzylidène-harmine dans l'alcool méthylique additionné d'iodure de méthyle. La solution laisse déposer par refroidissement de belles aiguilles jaunes. Ce corps, de formule $C^{20}H^{15}N^2(CH^3)O, HI$, est l'iodhydrate de benzylidène-méthylharmine.

La solution méthylique chaude de ce sel, traitée par la potasse, laisse déposer rapidement de belles aiguilles rouge carmin, P.F. 190° : c'est la *benzylidène-méthylharmine* $C^{20}H^{15}N^2(CH^3)O$.

Cette base forme avec les acides chlorhydrique et azotique des sels jaunes peu solubles. Son chloroplatinate $[C^{20}H^{15}N^2(CH^3)O, HCl]^2PtCl^4$ est formé d'aiguilles jaunes insolubles.

IV. *Oxydation de la benzylidène-harmine.* — La benzylidène-harmine

en solution acétique, oxydée par l'acide chromique, fournit *l'acide harmique* $C^{10}H^{8}N^{2}O^{4}$. Elle se comporte donc comme la harmine.

Chauffée avec l'acide azotique jusqu'à cessation de dégagement de vapeurs nitreuses, la benzylidène-harmine s'oxyde ; dans ce cas, nous n'avons pu isoler qu'un corps cristallisé fusible à 238°; son analyse et ses propriétés montrent qu'il est identique à l'acide paranitrobenzoïque

$$C^{6}H^{4}(NO^{2})CO^{2}H.$$

En résumé, la benzylidène-harmine, malgré la présence d'une double liaison, ne fournit pas de dérivé d'addition. Avec le brome, elle donne les bromhydrates de deux dérivés monobromés isomères et avec l'acide sulfurique, l'acide benzylidène-harmine N-sulfonique.

La benzylidène-harmine, bien que renfermant deux atomes d'azote, ne fixe qu'une molécule d'iodure de méthyle. La combinaison iodométhylée, décomposée par la potasse, donne la benzylidène-méthylharmine : l'atome d'azote auquel s'est rattaché le groupement méthyle est donc de nature secondaire.

La benzylidène-harmine renferme le groupement $-CH=CH-C^{6}H^{5}$ qui a pris la place du radical CH^{3} formant la chaîne latérale de la harmine. L'expérience a montré la résistance de cette chaîne aux agents oxydants puisqu'on la retrouve inaltérée dans l'acide harmique $C^{7}H^{3}N^{2}(CH^{3})(CO^{2}H)^{2}$, produit d'oxydation de la harmine.

Nous avions pensé que l'oxydation chromique de la benzylidène-harmine provoquerait la rupture de la liaison éthylénique et conduirait à un triacide $C^{7}H^{3}N^{2}(CO^{2}H)^{3}$, lequel, par perte de CO^{2}, aurait donné naissance à la base $C^{7}H^{6}N^{2}$. L'étude de cette base, encore inconnue, serait d'un grand intérêt puisqu'elle constitue le noyau diazoté des alcaloïdes du *Peganum harmala*.

Les résultats obtenus n'ont pas confirmé notre hypothèse : la benzylidène-harmine, avant de s'oxyder, fixe les éléments de l'eau, de sorte qu'on obtient l'acide harmique, produit d'oxydation de la harmine régénérée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organo-magnésiens sur la tétraéthyloxamide.* Note (1) de M. R. **Barré**, présentée par M. Charles Moureu.

M. Blaise (2) a montré que l'action des dérivés organo-magnésiens sur la N-tétraéthylglutaramide donne 30 pour 100 de dicétone δ; par la suite, en collaboration avec Mlle Montagne (3) il a isolé de cette réaction une cétone-amine et une cétone-amide.

Il était intéressant de voir si l'on obtiendrait des résultats analogues avec la tétraéthyloxamide.

Cette amide a été préparée en utilisant une réaction trouvée par Bodroux (4) qui, en condensant les éthers-sels avec les dérivés organo-magnésiens des amines primaires aromatiques, a obtenu les amides correspondantes. Bodroux et, après lui, Tschelinzeff et Mlle Vychinskala (5) n'obtiennent que 50 pour 100 de rendement et supposent que la réaction exige deux molécules de dérivé organo-magnésien pour une molécule d'éther-sel.

En élevant la température de réaction et en agitant mécaniquement, j'ai pu obtenir 70 à 75 pour 100 de rendement dans la condensation de l'oxalate d'éthyle avec le dérivé organo-magnésien de la diéthylamine. La réaction peut se formuler par l'équation générale suivante, plus simple que celle donnée par les auteurs précédents :

$$RCO^2C^2H^5 + (R')^2NMgBr \rightarrow RC\begin{cases}N(R')^2\\OMgBr\\OC^2H^5\end{cases} \xrightarrow{+H^2O} R-C\begin{cases}O\\N(R')^2\end{cases} + C^2H^5OH.$$

La tétraéthyleoxamide (Éb. 142° sous 4mm) est un corps solide fondant à 35°-36°, comme l'indique Wallach qui l'avait entrevu mais n'avait pu l'isoler (6).

L'action de C^2H^5MgBr sur cette amide se limite à une seule fonction amide. A froid, on obtient 70 pour 100 de diéthylamide de l'acide pro-

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) Blaise, *Comptes rendus*, **173**, 1923, p. 313.

(3) Blaise et Mlle Montagne, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1345.

(4) Bodroux, *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 142.

(5) Tschelinzeff et Mlle Vychinskala, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **36**, 1906, p. 184.

(6) Wallach, *Berichte*, **14**, 1881, p. 735.

pionylformique, que j'avais déjà obtenue par l'action de C^2H^5MgBr sur le diéthyloxamate d'éthyle ([1]), et 20 pour 100 de diéthylamide de l'acide α-diéthylaminobutyrique (Eb. 98°-99° sous 3^mm, Picrate F 114°). Il se fait aussi des traces de dipropionyle et un dégagement d'éthylène

$$(C^2H^5)^2NCO - CON(C^2H^5)^2 + C^2H^5MgBr \rightarrow \left\{ \begin{array}{ll} C^2H^5\underset{\underset{O}{\|}}{C} - CON(C^2H^5)^2 & (I) \\ C^2H^5 - \underset{\underset{N(C^2H^5)^2}{|}}{CH} - CON(C^2H^5)^2 & (II) \end{array} \right.$$

à 90°, dans le toluène, on obtient 28 pour 100 de (I) et 60 pour 100 de (II). Le rendement en dipropionyle devient alors perceptible (3 pour 100). L'obtention de la diéthylamide de l'acide α-diéthylaminobutyrique montre, qu'en plus de cette réaction secondaire avec formation de base, signalée dans l'action des dérivés organo-magnésiens sur les amides, il s'est fait, dans le cas de la tétraéthyloxamide, une réaction accessoire de réduction.

Un seul groupe éthyle est fixé au carbone porteur du groupe aminé, la valence libre se saturant par un hydrogène emprunté au milieu réactionnel qui laisse alors dégager de l'éthylène.

L'action de C^6H^5MgBr sur la tétraéthyloxamide donne uniquement la diéthylamide de l'acide α-diéthylaminodiphénylacétique (Eb. 182°-184° sous 3^mm, Perchlorate, F. Inst. 177°)

$$(C^2H^5)^2NCO.CON(C^2H^5)^2 + C^6H^5MgBr \rightarrow \begin{array}{c} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{array}\!\!> \underset{\underset{N(C^2H^5)^2}{|}}{C} - CON(C^2H^5)^2.$$

Cette amide se transforme immédiatement par ébullition avec HCl en diéthylamide de l'acide benzilique (F. 95°-96°).

Nous nous proposons de continuer à étudier l'action des dérivés organo-magnésiens sur les autres diamides de la série grasse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxyquinine et peroxyquinine.* Note ([2]) de M. **Frèrejacque**, présentée par M. Charles Moureu.

De nombreux chercheurs ont montré que beaucoup d'alcaloïdes possédant un atome d'azote tertiaire pouvaient fixer un atome d'oxygène sous l'action

---

([1]) Barré, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 825.
([2]) Séance du 7 novembre 1927.

de l'eau oxygénée concentrée, pour donner des amino-oxydes dans lesquels l'atome d'azote est devenu pentavalent. MM. Polonovski [1] ont décrit récemment un grand nombre de ces composés; ils ont repris en particulier l'étude de la N-oxy-strychnine, dans le but de rechercher si les propriétés peroxydantes du produit brut de l'action du perhydrol sur la strychnine étaient dues à l'amino-oxyde, à de l'eau oxygénée en excès, ou comme on l'avait supposé auparavant, à un peroxyde d'alcaloïde. De leur étude, ces auteurs concluent que beaucoup d'amino-oxydes retiennent, à un état mal défini, de l'eau oxygénée en excès dont on ne peut les débarrasser que par de nombreuses recristallisations, ou par action de la catalase. MM. Polonovski estiment que la fonction aminoperoxyde doit être définitivement rayée de la littérature chimique.

Au cours de recherches sur la N-oxy-quinine, nous avons fait quelques observations qui semblent restreindre la généralité de ces conclusions.

La N-oxy-quinine a été décrite par Speyer et Becker [2]

(PF: 195°-196° $[\alpha]_D = -30°$ dans le chloroforme).

En répétant la préparation de la N-oxy-quinine, d'après ces auteurs, c'est-à-dire en épuisant au chloroforme le produit brut de la réaction, et faisant recristalliser dans l'acétone, nous avons constaté, comme MM. Polonovski l'ont indiqué, que l'amino-oxyde présentait encore quelques propriétés oxydantes vis-à-vis de IK. Corrélativement, le produit obtenu a un point de fusion (180° environ) et un pouvoir rotatoire (— 19° environ) variant un peu avec le nombre des recristallisations.

On arrive plus rapidement à un produit non oxydant, en passant par l'intermédiaire du dinitrate qui est assez peu soluble. L'amino-oxyde ainsi obtenu (P.F. 188°), très soluble dans le chloroforme, donne un iodhydrate et un picrate bien cristallisés. Il ne dégage pas d'oxygène sous l'action de la mousse de platine; il semble identique au produit de Speyer et Becker, bien que son pouvoir rotatoire dans $CHCl^3$, $[\alpha]_D = -17°,5$ soit très différent de celui indiqué par ces auteurs. Les points de fusion du dinitrate et du monopicrate sont ceux indiqués par Speyer et Becker.

Au cours de la préparation de l'oxyquinine, nous avions été frappé par la faible solubilité dans le chloroforme du produit gommeux résultant de l'action du perhydrol sur la quinine, alors que l'aminooxyde isolé est très

(1) *Bull. Soc., Chim.*, 39, 1926, p. 1147.
(2) *D. Ch. G.*, 55, 1922, p. 1321.

soluble dans ce solvant. En extrayant alors par une grande quantité de $CHCl^3$ vers 40°, nous avons constaté que la solution chloroformique concentrée laissait déposer par refroidissement, sur amorce, d'abondants feuillets cristallins (P. F. 153°). Ces cristaux retiennent une molécule de chloroforme de cristallisation, et sont peu solubles à froid dans ce solvant (1 pour 100). Ils présentent avec une grande netteté toutes les réactions des peroxydes (dégagement d'oxygène avec la mousse de platine, MnO^2 pulvérisé, le sang, le permanganate, bleuissement du ferrocyanure ferreux, abondant dépôt d'iode avec IK, etc.). Recristallisés dans $CHCl^3$, ces cristaux ne perdent pas leurs propriétés peroxydantes et leur point de fusion ne varie pas. Au contraire, si on les recristallise dans l'acétone, les cristaux obtenus ne présentent plus que de faibles propriétés oxydantes vis-à-vis de IK; le point de fusion s'élève vers 180°, en même temps que le pouvoir rotatoire tombe à — 19°, alors que le pouvoir rotatoire du produit peroxydant était $[\alpha]_D = -60°$.

Nous sommes donc amené à penser que le corps fondant à 153° est un peroxyde stable dans $CHCl^3$, mais détruit en partie par l'acétone. Avec les acides forts, le peroxyde donne les mêmes sels que l'oxyde. En particulier, les chloroplatinates semblent identiques, et ont la même teneur en platine. Toutefois, le picrate du peroxyde est mal cristallisé ou amorphe, alors que le picrate de l'aminooxyde est bien cristallisé (P. F. 156°).

La formule du peroxyde est assez délicate à établir; en effet, lors du chauffage (à 70° dans le vide) précédant les dosages de C, N, H, chauffage rendu nécessaire pour l'élimination du $CHCl^3$ de cristallisation qui est assez tenace, il semble que le corps perde un peu d'oxygène pour donner de l'aminooxyde. Si en effet on prolonge ce chauffage, le pouvoir rotatoire baisse légèrement, alors que la solubilité dans le chloroforme croît.

Les dosages de C, H, N, s'accordent à peu près avec la formule $C^{20}H^{24}N^2O^2.O^2, CHCl^3$.

En résumé, le peroxyde envisagé ne saurait être considéré comme de l'aminooxyde souillé par de l'eau oxygénée. Il diffère de l'oxyquinine par son point de fusion, son aptitude à donner une combinaison chloroformique peu soluble, son pouvoir rotatoire nettement plus élevé, son picrate.

Nous avons été amené à chercher à isoler de même un peroxyde de quinidine et de cinchonine; malheureusement les solutions chloroformiques ne laissant déposer aucun cristal par concentration, nous avons dû repasser en milieu alcoolique ou aqueux et nous sommes retombés sur les oxydes déjà décrits.

Ce travail avait été entrepris dans le but de rechercher s'il n'existait pas deux oxyquinines. Si les valences de l'oxygène ne sont pas identiques, on peut espérer que l'addition de l'oxygène à la quinine active donne deux stéréo-isomères non inverses optiques.

Bien que l'aminooxyde obtenu ait un pouvoir rotatoire nettement différent de celui déjà décrit, nous ne pouvons conclure de façon ferme à l'existence de deux isomères, dans l'impossibilité où nous avons été de reproduire le corps ayant un pouvoir rotatoire de — 30°. Quelles que soient les conditions dans lesquelles nous avons fait réagir l'eau oxygénée, nous avons toujours obtenu l'oxyde ayant $[\alpha_D] = -17^\circ, 5$.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les causes d'une variation de salinité observée dans l'Océan à la pointe du Croisic.* Note (¹) de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. L. Joubin.

Des remarques, faites au cours de recherches entreprises au laboratoire du Croisic, nous ont amené à penser qu'au Croisic, la salinité des eaux de l'Océan était inférieure à la normale.

Les dosages des chlorures ont été effectués par la méthode de Charpentier et Volhard. Les chiffres qui vont suivre expriment en grammes le poids de chlorure de sodium contenu dans un litre d'eau de mer en supposant tout le chlore à l'état de chlorure de sodium.

Des prises d'eau ont été effectuées dans le chenal principal du port du Croisic à marée montante. Suivant différents facteurs (direction du vent, état de la mer) [2] les chiffres ont oscillé de $28^g,50$ à $29^g,40$.

Nous ne distinguons pas, dans ce cas, l'eau de surface et l'eau de fond car, en ce lieu, les eaux, brassées par les remous, présentent la même salinité, à quelque profondeur qu'elles soient puisées.

Ces résultats indiquent donc nettement une salinité au-dessous de la normale. Or les mesures de salinité de l'eau du Croisic, mesures cryoscopiques faites il y a quelques années par M. Fauré-Fremiet, et que celui-ci a bien voulu nous communiquer, indiquaient des teneurs en sels normales (Δ de $-2^\circ,03$ à $-2^\circ,06$: Δ correspondant à une teneur en NaCl d'envi-

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) Toutes choses égales d'ailleurs, la salinité est minima par les vents de Sud-Ouest et elle est plus élevée par mer agitée que par mer calme.

ron 32g,8 par litre). Il y aurait donc maintenant sur la côte du Croisic un apport d'eau douce qui n'existait pas autrefois.

En l'absence de tout autre cours d'eau dans la région, il semble bien qu'une telle dessalure ne puisse être imputée qu'à la Loire. C'est ce que nous avons voulu vérifier.

Prises d'eau faites le 31 août du phare des Charpentiers au plateau du Four. Basse mer (hauteur 60) à 13h25m. Vent Sud-Ouest.

Point.	Heure.	En surface.	A 3m de profond.	Au fond.
	h m	g	g	g
1................	11.10	24,40	25,72	29,69 (13m)
2................	11.50	24,55	26,02	29,69 (13m)
3................	12.20	24,55	25,72	29,84 (10m)
4................	13	25,28	25,87	30,13 (13m)
5................	14.30	25,72	26,90	30,00 (20m)
6................	15.20	(1)	28,66	(1)

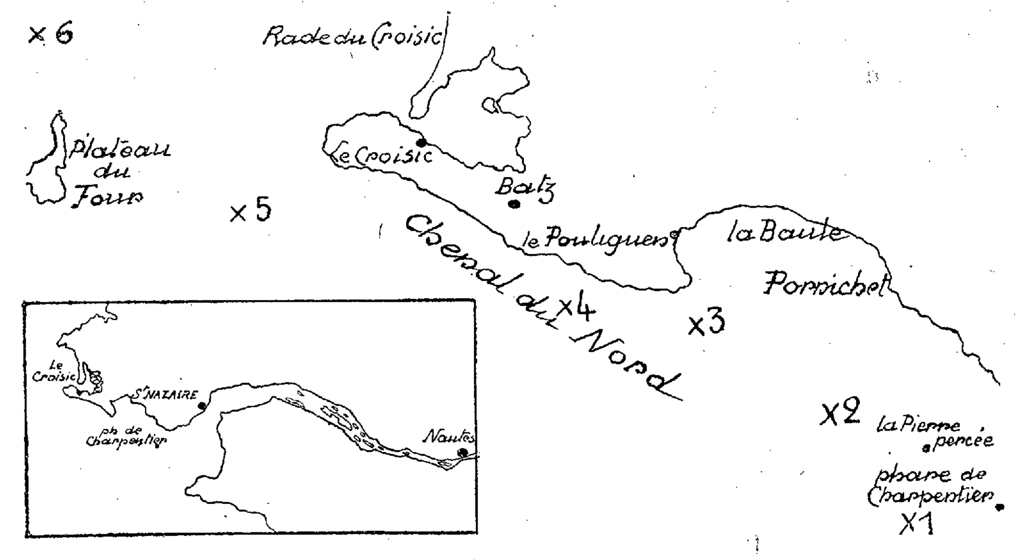
C'est donc bien à la Loire (la salinité diminuant régulièrement du plateau du Four au phare de Charpentier) que doit être imputée cette dessalure des eaux de l'Océan au large du Croisic. Le fait évidemment curieux est qu'une telle dessalure se soit produite ou du moins très notablement accentuée aussi soudainement. Deux causes peuvent être invoquées pour rendre compte de ce fait :

1° L'été extrêmement pluvieux;

2° Une opération récente du Service hydrographique de la Marine. Celui-ci, il y a deux ans, fit sauter une portion de la barre des Charpentiers, rocher qui limitait au nord le chenal septentrional de la Loire. Les eaux de la Loire, à la suite de ce travail, passeraient-elles plus près des côtes de la presqu'île croisicaise? La plus grande partie des eaux de la Loire serait-elle maintenant déversée par le chenal nord? Ce qui semble bien faire, de la suppression de cet écran de rochers, la cause principale de la dessalure observée, ce sont des observations d'ordres divers, observations des biologistes : de M. Labbé, sur le plancton (notamment l'émigration de la côte du Croisic des espèces sténohalines); de M. Fauré-Fremiet (qui constate que, depuis deux ans, les Hermelles ne se reproduisent plus); observations des propriétaires de viviers qui, depuis deux ans, ont eu, parmi les crustacés pêchés au large et apportés dans les viviers du

(1) Échantillons perdus par bris de récipients

Croisic, une très grande mortalité : mortalité qui, par ses symptômes, semblait bien due au transport rapide de ces animaux (Homards et Langoustes) d'un milieu marin normal dans un milieu dessalé. Notons enfin



que des apports de vase se font maintenant jusqu'aux plages du Croisic. Toutes ces remarques semblent montrer qu'il ne s'agit pas là d'un phénomène transitoire ([1]) mais bien de la création d'un milieu dessalé et assez loin de l'estuaire.

Nous nous proposons d'ailleurs d'étudier la question plus à fond et, en particulier, de délimiter la surface de l'Océan ainsi diluée par les eaux de la Loire.

BOTANIQUE. — *Colonies d'espèces calcifuges dans une région calcaire*
Note ([2]) de M. **Ph. Hagene**, présentée par M. Molliard.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé ailleurs ([3]), il existe au sud de l'Ouche dans le massif calcaire, formé par le Jurassique moyen et supé-

([1]) De nouveaux dosages d'eau, prélevée tout récemment (3 novembre 1927) dans le chenal du Croisic à marée montante, nous ont donné une teneur en NaCl de $28^{g},50$ par litre.

([2]) Séance du 31 octobre 1927.

([3]) Ph. Hagene, *Remarques préliminaires sur l'étude des sols et des associations végétales de la Bourgogne* (*Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 41, 1927, p 27).

rieur, qui constitue la côte bourguignonne, des sols dont la concentration en ions hydrogène indique l'incontestable acidité.

Bien que cette acidité soit une conséquence de la décalcification, elle n'est pas toujours traduite par l'apparition d'espèces propres aux terrains siliceux ou granitiques; cependant, il y a, près de Dijon, une série de localités où se trouvent des plantes calcifuges, soit à l'état d'espèces isolées, soit réunies en colonies *hétérotopiques*.

Il faut noter que ces espèces font partie de la strate herbacée de formations forestières; la dissolution du calcaire entraîne l'ameublissement du sol, une plus grande humidité, et par suite, l'établissement de la forêt. La seule exception que nous connaissons est la station de *Calluna vulgaris* de Saint-Jean-de-Bœuf que nous citons plus loin, et qui se trouve dans une pelouse à *Brachypodium pinnatum* et *Juniperus communis*.

Certaines de ces colonies ne renferment que peu d'espèces ou une seule, dont le nombre des individus peut d'ailleurs être réduit. Dans cette première catégorie, on peut citer comme exemple une petite station de *Lathyrus macrorhizus* dans la combe de Lavaux, à Gevrey; pH du sol (¹) dans la rhizosphère de cette espèce 6,41. Teneur du sol en calcaire actif (²) 0,8 pour 100. Dans cette même catégorie on peut citer également une autre station de *Lathyrus macrorhizus* dans les bois nord-est de Saint-Jean-de-Bœuf; pH 5,74, calcaire actif, 0,22 pour 100.

Enfin comme dernier exemple, nous citerons la station de *Calluna vulgaris* signalée par M. Jean Roy (³) à Saint-Jean-de-Bœuf. Cinq prélèvements de terre effectués dans la rhizosphère de cinq touffes de cette espèce nous ont donné : pH 5,51; 5,95; 6,00; 5,95; 5,7. Quatre échantillons ont une teneur en calcaire actif inférieure à 0,1 pour 100. Un seul en contient 0,19 pour 100.

Le sol des localités ci-dessus est une terre argileuse rouge dont le type est très fréquent dans la région.

Dans les localités suivantes, le nombre des espèces calcifuges est plus grand.

(¹) Mesurée au moyen de l'électrode à quinhydrone.

(²) Suivant la méthode de P. de Mondésir (GRANDEAU, *Traité d'Analyse des matières agricoles*, 1, 1897, p. 185).

(³) JEAN ROY, *Sur la répartition de* Calluna vulgaris *dans le département de la Côte-d'Or* (*Feuille des Naturalistes*, 47, 1926, p. 59).

Localité.	pH moyen.	pH max.	pH min.	CO^3CA pour 100.
a. Marsannay la Côte (1)	5,52	6,38	5,40	0
b. Quemigny (2)	4,96	6,5	4,2	0
c. Chamboeuf	5,24	6,40	4,80	0
d. Chazan (commune de Chamboeuf)	4,88	6,58	4,25	traces

Les échantillons de terre ont été prélevés dans la rhizosphère des espèces suivantes.

a. *Orchis maculata*, *Lathyrus macrorhizus*.

b, c, d. *Eupteris aquilina*, *Calluna vulgaris*.

Les trois dernières stations sont beaucoup mieux caractérisées que les précédentes ; d'abord par la présence de *Calluna vulgaris* et de *Eupteris aquilina* qui donnent au paysage l'aspect de celui des terrains siliceux, et ensuite par le nombre des espèces calcifuges qui s'y trouvent réunies et dont nous publierons ailleurs une étude détaillée.

Ces trois localités sont situées sur les points décalcifiés des calcaires marneux à silex (ou chailles) (3) de l'Argovien. En raison de leur composition minéralogique, ces roches donnent après disparition du calcaire, des sols dont la constitution physique convient particulièrement aux espèces des colonies hétérotopiques.

Des couches voisines stratigraphiquement jouent le même rôle dans le Jura. Dans cette région en effet, ainsi que Grenier l'a montré (4), la plus grande partie des colonies hétérotopiques est située sur une même assise qu'il est facile, d'après les indications qu'il donne, d'identifier avec les marnes oxfordienes à chailles (couches à *Cardioceras* cf *cordatum* et *Pholadomya exaltata* (5).

Aux nombreux caractères communs que présente la flore du Jura et celle de la Côte de Bourgogne, il faut donc ajouter cette nouvelle analogie.

---

(1) Station signalée par M. Genty.

(2) Cette localité m'a été indiquée par M. Paris.

(3) Collot, *Carte géologique détaillée : feuille de Beaune*, 1898, Notice J^{2-1}.

(4) Grenier, *Revue de la flore des Monts Jura* (*Société d'émulation du Doubs*, 10, 14 novembre 1894, p. 372).

(5) Fournier, *Carte géologique détaillée : feuille de Besançon*, 2e édition, 1922, Notice.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Vitesse de l'émigration automnale des substances azotées des feuilles vers les tiges chez les plantes ligneuses.* Note ([1]) de MM. **Raoul Combes** et **Robert Échevin**, présentée par M. Molliard.

Il a été antérieurement établi que l'azote qui disparaît des feuilles des arbres pendant le jaunissement automnal émigre en totalité vers les tiges et les racines ([2]). L'étude de la vitesse de sortie des substances azotées des feuilles au cours de cette période peut donc permettre de déterminer la marche du phénomène d'émigration. Nous avons fait porter nos recherches sur cinq espèces : *Æsculus Hippocastanum*, *Castanea vulgaris*, *Cornus sanguinea*, *Fagus silvatica* et *Ampelopsis Vetchii*. L'azote total a été dosé dans des fragments de feuilles de même surface récoltés à des temps très rapprochés, tous les dix jours, parfois même tous les cinq jours; chaque récolte consistait à prélever sur les feuilles, à l'aide d'un emporte-pièce, et toujours à la même heure de la journée, 100 rondelles dont l'ensemble représentait une surface de $259^{cm^2},04$. La surface des feuilles demeurant constante à la fin de la période active de végétation, la détermination de la quantité d'azote contenue dans un tissu foliaire correspondant à une surface déterminée et toujours la même, effectuée à des temps rapprochés, permettait d'établir la variation réelle subie par l'azote.

Nous avons résumé ci-dessous les résultats de nos analyses sous forme de courbes qui représentent, pour chaque espèce, les variations éprouvées par la quantité d'azote — exprimée en milligrammes — contenue dans une masse de tissu foliaire de $259^{cm^2},04$ de surface, entre le 22 juillet et le 16 novembre 1926.

Une faible atténuation de la teinte verte des feuilles était déjà visible le 27 septembre chez l'*Æsculus*, le *Cornus*, l'*Ampelopsis*, et le 27 octobre chez le *Castanea* et le *Fagus*. Mais ce fut seulement entre le 27 octobre et le 6 novembre que le jaunissement se manifesta nettement sur les feuilles d'*Æsculus*, de *Castanea*, de *Fagus* et d'*Ampelopsis*, des plages entièrement jaunes apparaissant de place en place; à ce moment les feuilles de *Cornus* étaient déjà rouges et tombaient en grand nombre. Le 11 novembre, le jaunissement était terminé chez les quatre premières espèces; certaines

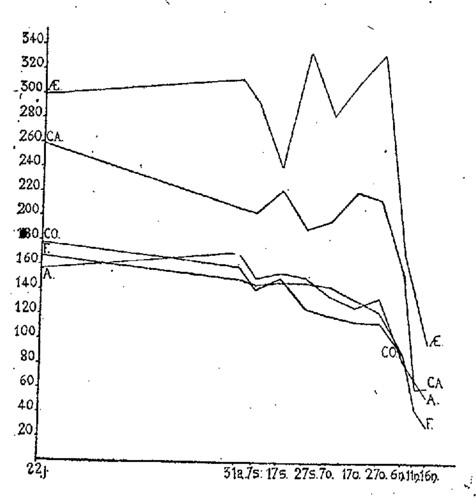
---

([1]) Séance du 7 novembre 1927.

([2]) R. Combes, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2056.

parties commençaient à brunir — c'est-à-dire à mourir — et beaucoup de feuilles se détachaient déjà.

L'examen des courbes ci-dessous montre que l'émigration des substances azotées des feuilles vers les tiges est très faible ou même nulle pendant tout le temps où les feuilles conservent la plus grande partie de leur chlorophylle. Lorsque la teinte verte commence à s'atténuer, mais avant qu'apparaissent les premières plages jaunes, l'émigration reste encore faible ou



Courbes d'émigration de l'azote des feuilles vers les organes vivaces chez l'*Æsculus* (*Æ.*), le *Castanea* (*CA.*), le *Cornus* (*CO.*), le *Fagus* (*F.*) et l'*Ampelopsis* (*A.*).

nulle. C'est seulement quand le jaunissement est nettement commencé que le phénomène d'évacuation de l'azote apparaît, rapide dès l'origine; au moment où les premières plages jaunes se montrent sur les feuilles, la courbe de l'azote subit en effet une chute brusque pour les cinq espèces étudiées. L'évacuation se poursuit, très active, pendant toute la durée du jaunissement. Chez le *Castanea* et le *Fagus*, dont les feuilles ont pu être analysées tous les cinq jours en novembre, on constate que l'émigration se ralentit à la fin du jaunissement, au moment où les feuilles commencent à brunir.

A la fin de l'évacuation, les feuilles des différentes espèces sont ramenées à des teneurs en azote très voisines les unes des autres.

Le coefficient d'évacuation de l'azote — c'est-à-dire le rapport de la quantité d'azote qui émigre à la quantité d'azote contenue dans les feuilles vertes — est très variable suivant les espèces : *Fagus* 0,79; *Castanea* 0,74; *Æsculus* 0,66; *Ampelopsis* 0,62; *Cornus* 0,48.

Les résultats exprimés dans ces courbes, qui permettent pour la première fois de suivre d'une manière précise les phases successives du phénomène d'émigration automnale des substances azotées des feuilles vers les tiges des arbres, conduisent donc à conclure que l'émigration est faible ou nulle pendant la période qui précède le jaunissement, mais qu'une véritable évacuation commence brusquement dès l'apparition des premières plages jaunes, et se poursuit rapide pendant toute la fin de la vie des feuilles, pour ne cesser qu'à la mort des tissus. Il y a lieu de remarquer l'extrême rapidité du phénomène d'évacuation qui, chez certaines espèces telles que l'*Æsculus* et le *Castanea*, transporte en un temps relativement court — 15 à 20 jours — les $\frac{7}{10}$ de l'azote contenu dans les feuilles. Nous ignorons encore quelles sont les conditions physico-chimiques internes qui déclenchent brusquement ce phénomène chez les plantes ligneuses à feuilles caduques.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Légumineuses. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Medicago Lupulina *L.* Note (¹) de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

Chez le *Medicago Lupulina*, la cellule apicale (*ca*, *fig.* 1) du proembryon bicellulaire se segmente transversalement et donne deux cellules superposées *cc* et *cd* (*fig.* 2). La cellule basale *cb* reste généralement indivise, ou, si elle se segmente, n'engendre qu'un nombre très réduit d'éléments qui se confondent avec ceux du suspenseur.

La cellule *cc* du proembryon tricellulaire (*fig.* 2) se partage verticalement et la cellule *cd*, sa sœur, horizontalement. On peut considérer comme représentant la véritable tétrade les quatre éléments issus de ces deux dernières divisions, étant fait abstraction de la cellule basale, comme dans le cas du *Sagittaria sagittæfolia* ou du *Sagina procumbens*.

Les deux cellules juxtaposées, en *cc* (*fig* 3 à 6), prennent des cloisons verticales et donnent ainsi naissance à quatre éléments semblables régulièrement disposés dans un plan horizontal Pendant ce temps, le sommet embryonnaire, occupé par ces cellules, se renfle légèrement et prend les caractères d'une sphérule, dont les quatre parties composantes représentent les quadrants (*fig.* 7 à 11). Peu après, les quadrants se segmentent transversalement (*fig.* 12) et engendrent huit octants très nettement distribués en deux étages (*fig.* 14). Comme on le voit, les premières segmentations,

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

dans la cellule *cc*, s'effectuent conformément aux règles classiques, qui ont été observées chez les Crucifères et le *Myosurus minimus*, avec cette différence essentielle toutefois, que, dans ce dernier cas, c'est dans la cellule apicale du proembryon bicellulaire que se produisent ces segmentations.

Au cours de la formation des quadrants et des octants, les cellules placées au-dessous de l'élément *cc* commencent à se segmenter; mais ces divisions ne semblent pas obéir à des lois bien déterminées. Par exemple, la cellule *m* (*fig.* 6) se segmente le plus souvent verticalement (*fig.* 7, 8, 9, 10); elle peut aussi se diviser transversalement comme le démontre la figure 11. La cellule *ci* (*fig.* 5) semble au contraire se partager par une cloison le plus souvent transversale pour engendrer deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 6 et 8). Quant à la cellube *cb*, elle reste nettement indivise,

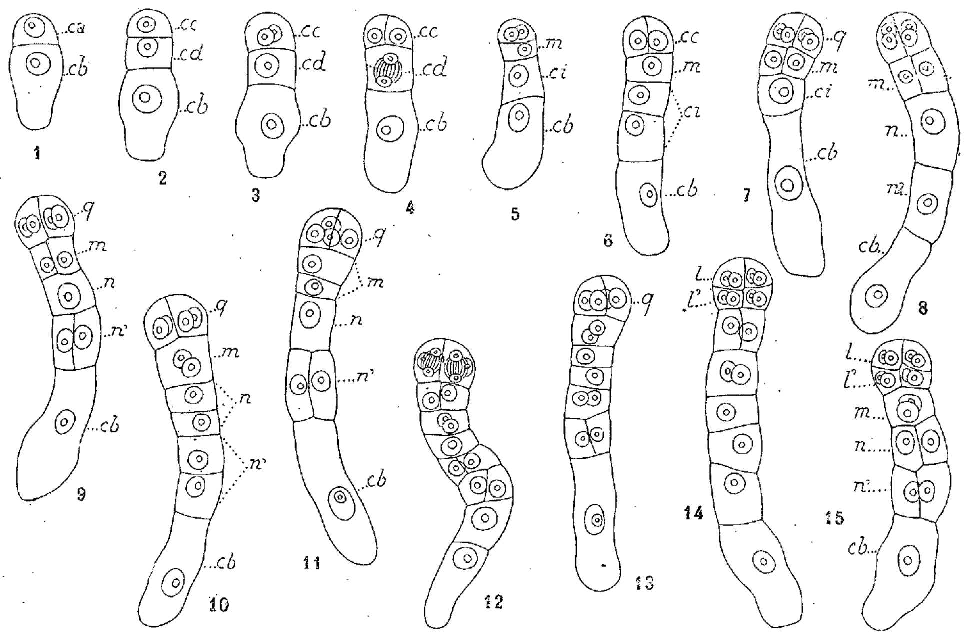


Fig. 1 à 15. — *Medicago Lupulina* L. — Les premiers stades du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou cellule embryonnaire proprement dite; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs; *l'*, octants inférieurs. G. = 390.

dans les tout premiers stades embryonnaires tout au moins; elle peut, plus tard, se segmenter transversalement et contribuer à accroître le nombre des éléments du suspenseur; c'est ainsi que dans les figures 8, 10, 12, 14, il est difficile d'affirmer que la cellule *cb* n'a pas subi de bipartition, et, par le fait même, de déterminer quelle part ont prise à la génération du suspenseur les cellules *ci* et *cb* du proembryon de la figure 5.

Quoi qu'il en soit, tous les éléments issus de *m*, de *ci* et de *cb* donnent

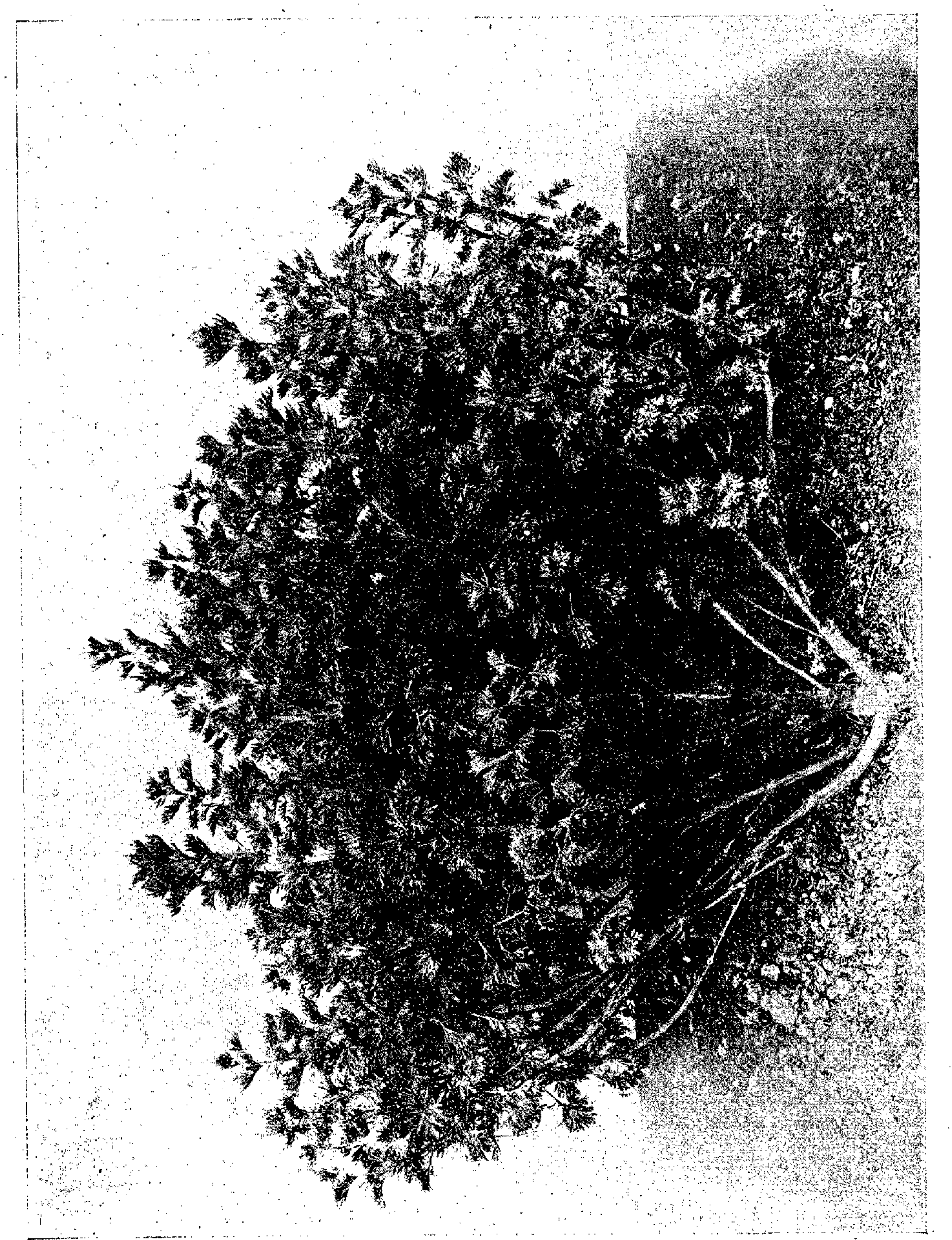
naissance à un suspenseur d'assez grande taille, allongé, composé de cellules très distinctes par leur forme et leurs dimensions de celles du globule embryonnaire. Les huit octants, issus de *cc*, vont engendrer l'embryon proprement dit et l'hypophyse; on verra ultérieurement comment procède la segmentation dans l'édification de ces deux régions fondamentales du corps de l'embryon.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité de l'Absinthe greffée sur Chrysanthème arborescent.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis longtemps déjà, j'ai montré que l'on peut faire vivre, lignifier et fructifier trois ou quatre années de suite les tiges aériennes annuelles de l'*Artemisia Absinthium* en les greffant sur *Chrysanthemum frutescens*. A la suite du semis des graines récoltées sur un épibiote âgé de quatre ans, j'ai obtenu des plantes très variées comme taille, villosité, forme et parfum, dans lesquelles j'ai sélectionné deux types extrêmes, l'un très vigoureux et à larges feuilles, l'autre faible et à feuilles étroites frisées. J'ai semé leurs graines et obtenu à nouveau des exemplaires de taille et de caractères variables, les uns forts, les autres faibles et ces types extrêmes présentaient tous les intermédiaires. Au moment de la floraison, je constatai que certains pieds fleurissaient à la façon des témoins; d'autres, très vigoureux, ne fleurirent pas et enfin un assez grand nombre donnèrent à la fois des rameaux fleuris et des rameaux ne fleurissant pas (1926).

En 1927, les pieds à floraison normale portaient exclusivement des tiges aériennes desséchées et ils repoussèrent à l'aide de leurs parties souterraines comme les témoins. Les pieds vigoureux, à tige ramifiée à quelque distance du sol, avaient perdu leurs feuilles, mais leurs parties aériennes restées vivantes donnèrent à leur sommet de nouvelles pousses feuillées. Celles-ci ont fleuri et toutes ont fructifié. Les tiges aériennes de l'an dernier sont devenues très ligneuses et le port de ces exemplaires offre une analogie marquée avec celui de la Pâquerette arborescente qui avait fourni l'hypobiote (*fig.* 1).

Les types intermédiaires ont présenté un curieux mélange de tiges aériennes fleurissant ou ne fleurissant pas. Les parties souterraines correspondant aux premières ont donné des tiges nouvelles pendant que les tiges anciennes, plus ou moins nombreuses suivant les pieds, ont donné de nouvelles pousses à leur sommet resté vivant, ont fleuri et se sont lignifiées au cours de la deuxième année de leur développement.



Absinthe de semis, provenant d'un exemplaire greffé sur *Chrysanthemum frutescens*.

Ces résultats sont intéressants à plusieurs titres. Ils font voir que la symbiose éveille chez l'épibiote et sa descendance des capacités sommeillantes qui souvent ne se manifesteraient pas sans elle. De même le changement du rythme de la floraison et l'apparition du caractère ligneux sont d'ordre spécifique, car tandis que Lamarck (¹) croyait à la possibilité de la transformation d'une plante ligneuse en une plante herbacée, Godron (²) a considéré le caractère ligneux comme essentiellement spécifique. Donc il ne semble plus possible aujourd'hui de contester l'*influence spécifique* qui s'exerce, en certains cas exceptionnels, entre l'épibiote et l'hypobiote, et qui retentit à la fois sur ceux-ci ou héréditairement sur leurs descendants.

ZOOLOGIE. — *La présence du Crapaud vert dans le Hoggar.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Bouvier.

A maintes reprises (³), j'ai appelé l'attention sur la persistance non seulement dans les parties nord avoisinant le versant méridional de l'Atlas, mais encore dans les points les plus divers du Sahara, d'une faune de Vertébrés aquatiques, assez variée.

Dans le cœur du Grand Désert, c'est surtout dans le massif élevé du Tassili des Azdjers qu'on a recueilli le plus de formes aquicoles, comme le Crocodile du Nil, plusieurs Batraciens, des Poissons du genre Barbeau. En revanche, aucun échantillon n'avait encore été rapporté du Hoggar où cependant au dire des voyageurs et même des romanciers existe une faune aquatique importante. Aussi doit-on savoir grand gré à M. Rossion dont on n'a pas oublié la récente randonnée à motocyclette jusqu'à cet îlot montagneux du Sahara central, d'avoir récolté quelques échantillons pour le Muséum de Paris. Au Hoggar même, à Tamanrhasset, à 1400^m d'altitude, M. Rossion a capturé, en effet, trois Batraciens anoures adultes que je rapporte au *Bufo viridis* Laurenti. D'autre part, sur sa route, dans une poche d'eau des gorges d'Arak, non loin de Tadjemout, à peu près à mi-distance à vol d'oiseau entre In Salah et le Hoggar, il a pêché deux Poissons, un Cyprinidé, le *Barbus deserti* Pellegrin, décrit primitivement, de la mare d'Ifédil, aussi du Sahara central mais retrouvé depuis dans le Tibesti,

(¹) Lamarck, *Philosophie zoologique*, Paris, 1, 1809, p. 226.

(²) Godron, *De l'espèce et des races dans les êtres organisés*, Paris, 1859, p. 78.

(³) J. Pellegrin, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 272, et 168, 1919, p. 961; *C. R. Ass. fr. Av. Sc.*, Tunis, 1913, p. 346, et Bordeaux, 1923, p. 585.

l'Ennedi et même le Haut-Chari, et un Cichlidé, le *Tilapia Zilli* Gervais, très commun au nord du Sahara et dont l'habitat comprend le Niger, le Tchad, le Nil et jusqu'à la Galilée.

La présence du Crapaud vert dans le Hoggar mérite d'être signalée car c'est, en Afrique, le point de beaucoup le plus méridional où descend cette espèce, surtout paléarctique.

On sait que ce Batracien remarquable par les taches vert olive, souvent bordées de noir, qui tranchent sur le fond jaune clair ou grisâtre de son dos et de ses membres, possède une distribution géographique fort étendue. En France, on ne le trouve qu'en Savoie, aux confins de la frontière italienne, mais il est répandu dans l'est et le sud de l'Europe depuis le Rhin et les Alpes, remontant jusqu'au Danemark et à la Suède méridionale; il existe aussi aux Baléares. En Asie, il habite le pourtour méditerranéen, descendant jusqu'en Arabie; on l'a rencontré en Perse, au Bélouchistan, au Thibet, en Sibérie, et jusqu'en Mongolie. En Afrique du Nord, il est plus ou moins commun dans les régions littorales ou montagneuses du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie, de la Tripolitaine et de l'Égypte. Juste au sud de l'Atlas, des exemplaires ont été adressés au Muséum de Paris, par le Dr Foley, de Beni Ounif, aux environs de Figuig.

La découverte de cette belle espèce en plein centre du Sahara étend considérablement vers le sud son habitat déjà si vaste. La fraîcheur et l'humidité dues à l'altitude figurent certainement parmi les causes qui permettent au Crapaud vert de se maintenir sous une latitude aussi basse. Pareil fait se reproduit, d'ailleurs, dans l'Himalaya où il a été signalé jusqu'à 4500m de hauteur.

L'existence au Hoggar du Crapaud vert, animal dont les première phases de la vie se passent dans l'eau, révèle déjà un commencement de la faune aquatique de cette curieuse région. Nul doute que les expéditions actuellement en cours n'y recueillent, à bref délai, de nouvelles formes intéressantes et particulièrement des Poissons.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la nature des glucides alimentaires sur la production d'états polynévritiques aigus, récidivants ou chroniques, obtenus malgré la présence de levures ou d'extraits de levure.* Note [1] de Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

En 1926, nous avons apporté une preuve de l'existence de deux vitamines B; l'une étant essentiellement antinévritique, l'autre étant avant tout une vitamine d'utilisation nutritive [2]. Nous avons constaté ensuite que les extraits de levure de distillerie renferment presque exclusivement cette dernière seulement, tandis que les extraits de levure de bière contiennent à la fois les deux vitamines B. Enfin, tout récemment, nous avons montré que la nature des glucides du régime a une influence sur l'évolution de l'avitaminose B totale, celle-ci étant d'autant plus rapide que l'absorption d'un glucide donné se fait elle-même plus rapidement (Ex. : galactose, 9-13 jours; glucose, 15-20 jours; dextrine, 17-27 jours) [3].

Poursuivant nos recherches, nous avons voulu savoir si l'influence de la nature des glucides peut encore se manifester dans certains cas où les régimes, renfermant des levures ou des extraits de levure, semblent *a priori* satisfaisants.

Technique. — Nous avons employé, pour 3 lots de Pigeons adultes, 3 régimes, respectivement à base de *dextrine purifiée*, de *glucose pur* et de *galactose pur*, ayant la même composition centésimale (fibrine, 5; caséine, 6; ovalbumine, 5; graisse de beurre, 4; *glucide à essayer*, 66; mélange de sels, 4; agar-agar, 8; papier filtre, 2). Chaque Pigeon a reçu, *par gavage*, 20g de ration par jour.

Dans chacun des trois lots, nous avons étudié comparativement : d'une part, les effets de l'addition, à la ration, de levure de bière ou de levure de distillerie sèches (doses variant de 0g,50 à 2g,50 par animal et par jour); d'autre part, les effets de l'addition d'extrait de levure de bière ou d'extrait de levure de distillerie (doses variant de 0g,10 à 0g,50 par animal et par jour).

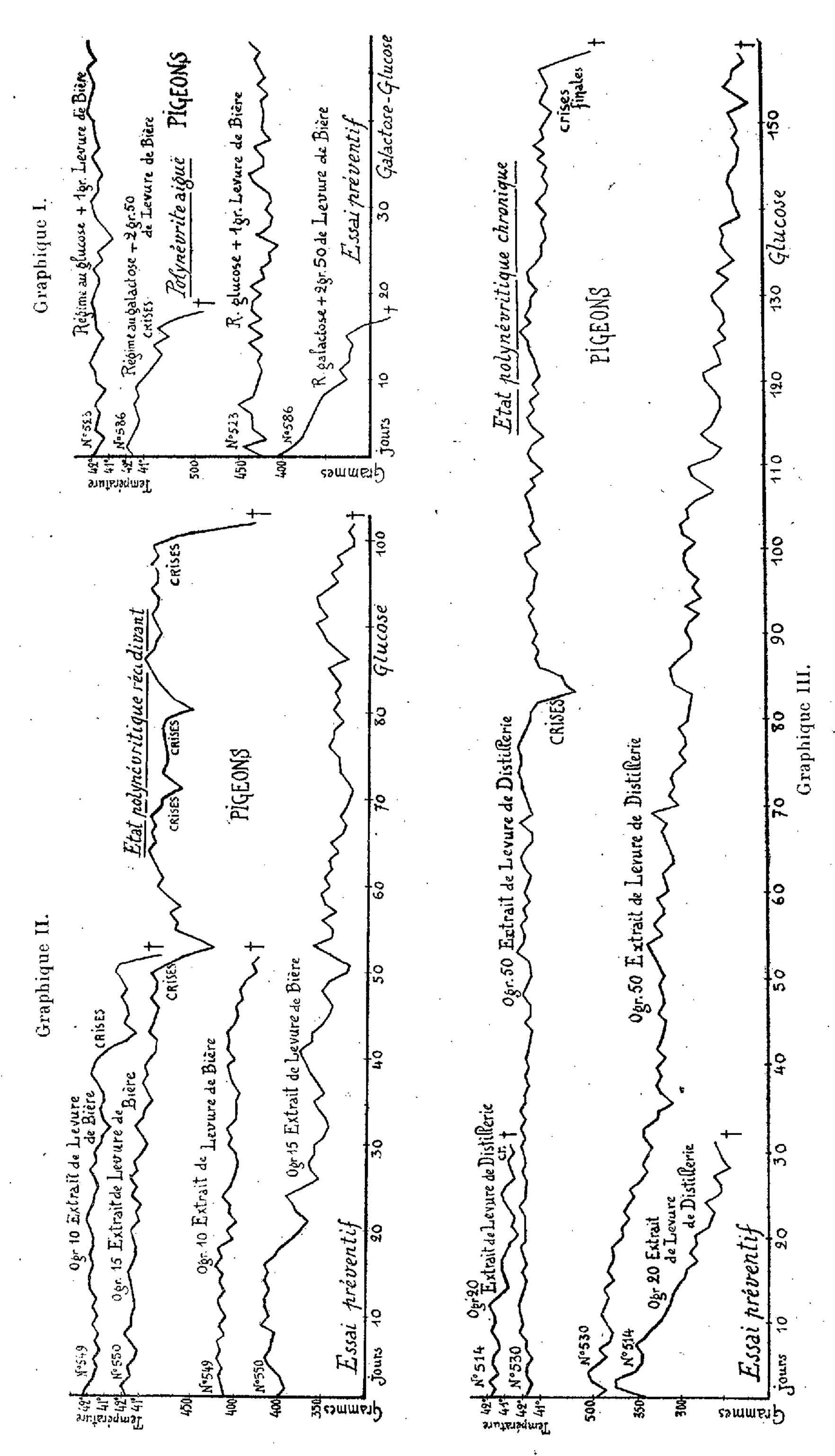
Les quelques courbes de poids et de température reproduites ici mettent en évidence le sens de nos résultats.

Résultats et conclusions. — I. La présence des deux vitamines B, en quantité largement suffisante, dans un régime artificiel complet et équilibré, n'em-

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1408 et 1564.

(3) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1347.



Graphique I.
Température
Grammes
N°523
N°586
Régime au glucose + 1gr. Levure de Bière
Régime au galactose + 2gr.50 de Levure de Bière
crises
Polynévrite aiguë
PIGEONS
R. glucose + 1gr. Levure de Bière
R. galactose + 2gr.50 de Levure de Bière
Essai préventif
Jours 10 20 30
Galactose-Glucose
Graphique II.
N°549
N°550
0gr.10 Extrait de Levure de Bière
0gr.15 Extrait de Levure de Bière
0gr.10 Extrait de Levure de Bière
0gr.15 Extrait de Levure de Bière
CRISES
Etat polynévritique récidivant
PIGEONS
Essai préventif
Jours 10 20 30 40 50 60 70 80 100
Glucose
Graphique III.
N°514
N°530
0gr.20 Extrait de Levure de Distillerie
0gr.50 Extrait de Levure de Distillerie
0gr.20 Extrait de Levure de Distillerie
CRISES
Etat polynévritique chronique
PIGEONS
crises finales
Essai préventif
Jours 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 150
Glucose

pêche pas dans tous les cas, chez le Pigeon, l'éclosion de *crises polynévritiques aiguës* (dites crises caractéristiques de l'avitaminose B). Par exception, lorsqu'on choisit notamment le *galactose* comme source unique de glucides, une forte dose quotidienne de levure de bière n'empêche ni les accidents nerveux, ni la mort au bout de 15-20 jours (graphique I).

II. Pour un même taux de glucides, quand on emploie des régimes complets à base de sucres très vite absorbés (autres que le galactose), à base de glucose pur, par exemple, la proportion nécessaire des vitamines B atteint une valeur maxima. Mais en tout cas, une *insuffisance légère de ces deux vitamines* suffit à provoquer une longue maladie, caractérisée par des crises violentes et des guérisons apparentes, se succédant à plusieurs reprises. Cet *état polynévritique récidivant* se termine par la mort (graphique II). Une *insuffisance de la vitamine antinévritique seule* détermine, chez les Pigeons à terrain particulièrement résistant, après de fortes crises, mortelles pour les autres, un *état polynévritique chronique*, à évolution lente, sans symptômes nets (graphique III).

III. Ces résultats confirment et précisent les conclusions déjà anciennes (1923-24) de Mme L. Randoin et H. Simonnet [1], à savoir que, dans la constitution de régimes complets, il importe de se préoccuper, non seulement de la présence des principes indispensables, mais encore de la nature des substances énergétiques et de relations possibles entre celles-ci et une ou plusieurs vitamines déterminées.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la réfraction statique de l'œil chez les Poissons.* Note de Mlle **M.-L. Verrier**, présentée par M. Bouvier.

La myopie est très généralement considérée comme l'état de réfraction normale des Poissons. Cependant Sicherer [2], en 1911, signale des degrés variables d'hypermétropie chez quelques Téléostéens. Plus récemment, Rochon-Duvigneaud confirme ces résultats.

Je me suis proposé d'étudier l'état de la réfraction chez des Poissons non encore observés par les précédents auteurs.

---

(1) Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 903; **178**, 1924, p. 963, et **179**, 1924, p. 700 et 1919.

(2) O. Sicherer, *Untersuchungen über die Refraktion des Auges der Sübwasserfische* (*Arch. Vergl. Ophthalmol.*, **1**, 1911, p. 453-464).

J'ai employé, ainsi que Rochon-Duvigneaud, le procédé objectif de Guignet ou méthode de l'ombre pupillaire. Cette méthode consiste à projeter à l'aide d'un miroir plan un faisceau lumineux sur l'œil à observer et, par rotation du miroir autour de son axe vertical, puis autour de son axe horizontal, à faire apparaître l'ombre pupillaire et à suivre son déplacement. Le sens du déplacement fait connaître le sens de l'amétropie dont le degré se mesure par la puissance du verre correcteur concave ou convexe qui, placé devant l'œil observé, établit l'emmétropie.

Les observations ont été faites sur des animaux vivants maintenus immobiles dans l'eau, eau de mer pour les espèces marines, eau douce pour les autres.

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau suivant :

	Réfraction sphérique en dioptries,
Trachurus trachurus L.	+8
Trigla corax Bp.	+5
Scorpæna scrofa L.	+4
Crenilabrus mediterraneus C. V.	+7
Chrysophrys aurata Cuv.	+6
Tinca tinca L.	+7
Leuciscus cephalus L.	+9
Conger vulgaris Cuv.	+1 ou emmétropie

De plus, sans avoir pu en faire la mesure, j'ai constaté l'hypermétropie chez *Mullus barbatus* L. et *Mugil capito* Cuv.

Enfin, sauf dans le cas du *Congre* qui demande de nouvelles observations, tous les individus étudiés ont montré un astigmatisme hypermétropique composé.

Ces résultats ne peuvent atteindre qu'un degré de précision d'environ une dioptrie : le faible diamètre de l'orifice pupillaire, les zones concentriques du cristallin, les mouvements des yeux, les jeux de l'accommodation sont autant de circonstances, qui, tout en rendant l'observation difficile, peuvent être des causes d'erreur.

Je me suis proposée ensuite de vérifier ces résultats par l'observation des images qui se forment à l'état de repos accommodatif sur la rétine des Poissons. Les essais ont été faits sur la *Tanche* et le *Leuciscus*. Voici le dispositif employé, établi avec l'aide de M. Matout.

Le cristallin d'un individu sacrifié au moment de l'expérience est placé entre un écran mobile qui remplace le pôle postérieur de l'œil et une source

lumineuse éloignée de 40^{cm}. Cristallin, écran, et source lumineuse sont placés dans l'eau. La distance du cristallin à la rétine ayant été préalablement mesurée, j'ai constaté que l'écran placé à cette même distance ne reçoit que des images imprécises. La netteté des images augmente avec l'éloignement de l'écran. Dans les cas étudiés, le maximum de netteté a été obtenu pour les distances suivantes :

1° Chez une *Tanche* dont la distance du pôle postérieur du cristallin à la rétine était de $2^{mm},8$, image nette à $3^{mm},5$ du cristallin.

2° Chez un *Leuciscus* dont le cristallin et la rétine sont distants de $1^{mm},5$, image nette à $2^{mm},25$.

Ces mesures ne constituent qu'une vérification expérimentale. Elles ne peuvent donner que des valeurs approchées : par exemple, on y considère l'indice de réfraction de la cornée et celui de l'humeur aqueuse comme égaux à celui de l'eau; or, ces indices, quoique très voisins, ne sont pas rigoureusement égaux. Toutefois, ces mesures montrent que l'image se forme dans l'œil de la *Tanche* et du *Leuciscus* en arrière de la rétine. Il en résulte, ainsi que des observations faites selon les méthodes de la skiascopie, que l'état normal de réfraction, chez les espèces étudiées, est l'hypermétropie accrue d'astigmatisme.

L'accommodation se ferait donc chez eux d'une manière normale et les Poissons ne formeraient pas un groupe à part chez les Vertébrés doués du pouvoir accommodatif. Leur accommodation ne serait pas négative, ainsi que l'on a eu tendance à l'admettre.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la fusion ou la séparation des plasmodiums, prises comme critériums dans la définition de l'espèce chez les Myxomycètes.* Note (¹) de M. **Marcel Brandza**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

D'après le mycologue Torrend, l'espèce chez les Myxomycètes doit être considérée « comme une réunion d'individus, dont les plasmodiums cultivés dans les mêmes circonstances de milieu, se fusionnent en une seule masse protoplasmique commune » (²).

Pendant la belle saison des années 1925-1927, nous avons essayé d'appliquer la définition de Torrend à un certain nombre de Myxomycètes critiques.

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) Torrend, *Fl. des Myx.*, Broteria, 1909.

La méthode qui nous a servi pour mettre en contact les plasmodiums est des plus simples. On cherche d'abord des plasmodiums aussi jeunes que possible, en s'assurant préalablement que le processus de la formation des spores n'est pas encore commencé. Si les plasmodiums sont dans la phase de propulsion, on utilise leur hydrotropisme positif pour les faire ramper d'un substratum sur l'autre. Arrivés au stade de concentration, les plasmodiums peuvent être tout simplement superposés avec précaution et humectés ensuite. Pour mieux réussir on opère en pleine forêt.

I. *Fuligo septica* Gmelin. — C'est l'espèce la plus commune et la plus polymorphe de tout le groupe des Calcarées. Suivant les cas, son plasmodium est jaune, blanc, crème ou violacé. Nous nous sommes limité aux plasmodiums jaune et crème.

A. *Mélange de plasmodiums jaunes.* — On peut résumer les résultats obtenus comme il suit :

1° Fusion des plasmodiums et formation d'un seul æthalium jaune non cortiqué, qu'on peut nommer, pour la clarté de l'exposition seulement, *F. septica lutea.* C'est à peu près ce que Persoon entendait par son *F. flava.*

2° Fusion des plasmodiums et formation d'un seul æthalium cortiqué, à forme bien définie et à écorce résistante et brun jaunâtre. Pour les mêmes raisons que précédemment, nous lui donnons le nom de *F. septica lutea corticata*, bien que les mycologues la connaissent sous la dénomination de *F. lœvis* Pers.

3° Séparation des plasmodiums et formation de deux æthaliums dont l'un non cortiqué (*Fuligo septica lutea*) et l'autre cortiqué (*F. septica lutea corticata*).

B. *Mélange de plasmodiums crème.* — Les résulttas sont les mêmes :

1° Fusion des plasmodiums en un seul æthalium blanc non cortiqué, qu'on peut nommer *F. septica alba.* Dans les *Mycetozoa* de Lister, cette forme figure à titre de variété : *F. septica* Gmelin, var. *candida* R. E. Fries, synonyme avec *F. candida* Pers.

2° Fusion des plasmodiums en un æthalium cortiqué, à forme bien définie et à écorce persistante d'un jaune citron. Nous devons la nommer *F. septica alba corticata.* On l'a toujours confondue avec *F. lœvis* Pers.

3° Séparation des plasmodiums et formation de deux æthaliums, dont l'un non cortiqué (*F. septica alba*) et l'autre cortiqué (*F septica alba corticata*).

C. *Mélange des plasmodiums jaunes avec des plasmodiums crème.* — Dans ce cas, la séparation est la règle et il en résulte, suivant les cas, des æthaliums non cortiqués jaunes ou blancs, ou des æthaliums cortiqués bruns ou jaune citron.

En résumé, du mélange des plasmodiums jaunes ou crème de *F. septica* Gmelin, résultent quatre types distincts d'æthaliums, respectivement non cortiqués et cortiqués, appartenant deux par deux au plasmodium jaune et crème.

II. *Tubifera ferruginosa* Gmelin. — Très répandus, les æthaliums de cette espèce, formés par des tubes juxtaposés, peuvent atteindre 1-2^{dm} de longueur sur 5-9^{cm} de largeur. Son plasmodium est incolore ou d'un jaune brillant. Si l'on mélange ces deux sortes de plasmodiums, ils ne tardent pas à se séparer. Du plasmodium incolore, prend naissance un æthalium typique ayant tous les sporanges disposés sur le même plan (Lister, *Mycet.*, éd. III, pl. 150, *a*). Les æthaliums provenant du plasmodium jaune ont les sporanges à extrémité conique, le péridium plus épais et plus luisant et ne sont plus disposés sur le même plan (Lister, *loc. cit.*, fig. *c*). Bien que physiologiquement distincts, ces deux types de *T. ferruginosa* ne sont pas suffisamment caractérisés par leur forme pour en conclure à des espèces différentes.

III. *Didymium squamulosum* Fr. — Bien connue et universellement répandue, cette espèce peut provenir d'un plasmodium incolore ou jaune citron transparent. Le mélange de ces plasmodiums conduit à leur séparation, et les sporanges formés conservent, les uns leur couleur grisâtre, les autres leur couleur jaune, mais au dernier moment de la maturation, les uns comme les autres, blanchissent. Les spécialistes auxquels nous nous sommes adressé, n'ont pu voir aucune différence entre ces deux sortes de sporanges dont l'origine est pourtant si distincte.

IV. *Conclusions*. — Le principe posé par Torrend pour définir l'espèce chez les Myxomycètes peut donner des résultats appréciables :

1° Par la fusion ou la séparation des plasmodiums, on arrive à découvrir chez les Myxomycètes l'espèce physiologique, élément d'une valeur réelle, échappant à tout subjectivisme, et qu'on peut utiliser dans le cas des espèces douteuses ou polymorphes provenant de plasmodiums différents;

2° Aux espèces physiologiques peuvent correspondre chez les Myxomycètes des caractères morphologiques assez marqués pour justifier la création d'autant d'espèces (*F. septica* Gmel.), des différences morphologiques faibles (*T. ferruginosa* Gmel.), ou même nulles (*P. squamulosum* Fr.).

3° Enfin l'application du principe de Torrend permettra de résoudre sur des bases expérimentales la question de l'hybridité chez les Myxomycètes sur laquelle nous n'avons jusqu'à présent que de vagues indications.

PROTISTOLOGIE. — *Les métamorphoses des* Fœttingeriidæ (*Ciliés*) *et les transformations de leur ciliature au cours du cycle évolutif*. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Le cycle évolutif des Ciliés de la famille des *Fœttingeriidæ* présente une succession de phases d'une complication inconnue jusqu'ici chez les Infusoires et que nous avons décrite dans des Notes antérieures ([1]). Ces phases sont reliées par des métamorphoses qui affectent à la fois la forme, la structure et la ciliature. Nous considérerons surtout ici les transformations de la ciliature dans le cas le plus simple et le plus général, celui de la *Fœttingeria* des Actinies.

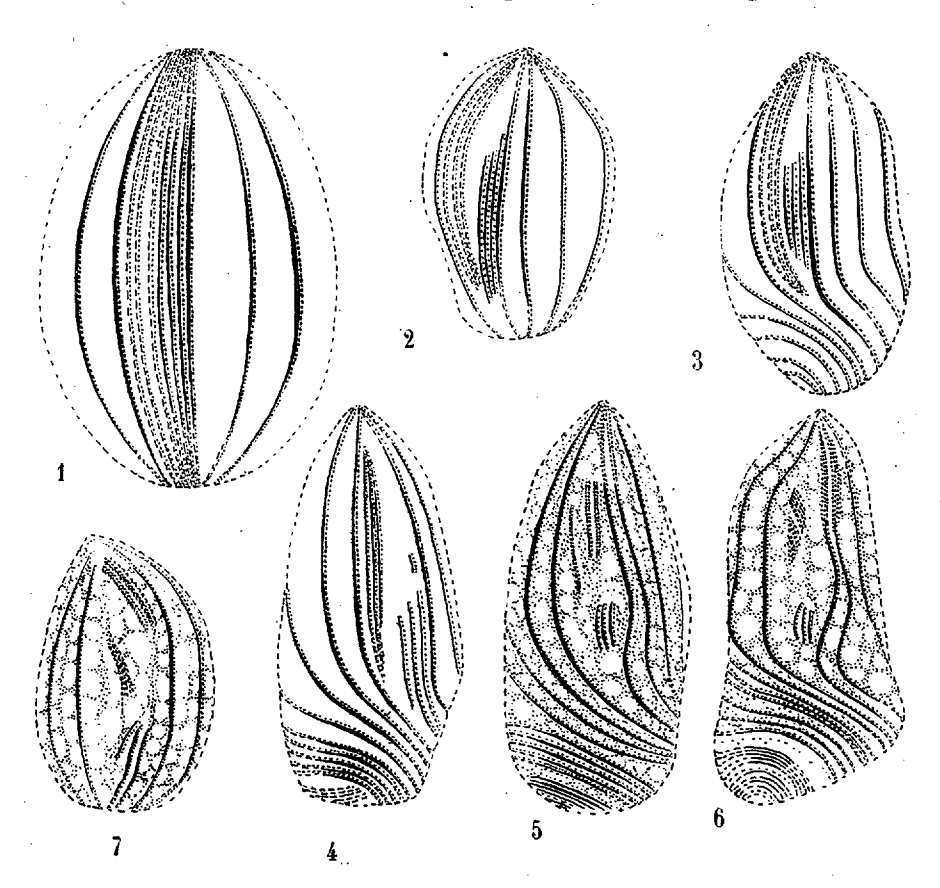
1° *Trophonte.* — Au cours de sa vie végétative dans la cavité gastro-vasculaire des Actinies, l'Infusoire, quelle que soit sa taille, porte 9 bandelettes ou stries ciliaires décrivant d'un pôle à l'autre un tour environ d'une hélice dextre. Entre deux de ces stries (1 et 2), vers la fin de leur tiers antérieur, se trouve le complexe buccal : bouche garnie de 3 courtes stries parallèles à celles de la ciliature générale, rosette portant en son centre une mèche vibratile.

2° *Tomontes.* — Au moment de l'enkystement, on assiste en quelques minutes à la fonte totale des bandelettes ciliaires. Une nouvelle ciliature, d'un type très différent de la première et sans continuité apparente avec celle-ci, se reforme sur l'Infusoire en voie de multiplication (tomonte). Elle se compose de 9 bandelettes rigoureusement méridiennes, équidistantes (ciliature générale) et de 6 bandelettes également méridiennes tassées entre deux des précédentes (ciliature ventrale). De ces 6 bandelettes, les 3 à droite sont normales, tandis que les 3 à gauche sont moins bien définies.

Protomite et tomite. — Pendant que la dernière scission palintomique s'achève, les stries ventrales se raccourcissent, mais restent strictement méridiennes. Il semblerait que de cette ciliature dût procéder directement celle du tomite mûr qui n'est que légèrement dextre. Il n'en est rien. Pendant le long temps (12 à 48 heures) qui s'écoule jusqu'à l'éclosion des tomites, des remaniements considérables se produisent qui caractérisent le stade protomite.

([1]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1642; **180**, 1925, p. 229; **182**, 1926, p. 100; **185**, 1927, p. 675 et 877.

Au pôle postérieur, les stries de la ciliature générale se tassant les unes sur les autres, s'enroulent progressivement en une hélice d'un tour et demi environ. Cette torsion n'est nullement l'ébauche de celle qui affectera plus tard le tomonte et encore plus le trophonte, car elle est sénestre; elle est strictement limitée au pôle postérieur qui s'accroît aux dépens du reste du



1, tomonte pendant la palintomie; 2, tomite immédiatement après la dernière division; 3-4, début de la torsion et régression des stries; 5-6, torsion achevée, stries postorales régressées, champ quadrilatéral et champ falciforme en formation; 7, tomite mûr.

corps, allongeant celui-ci, et si accentuée et si constante qu'elle soit, elle est tout éphémère. Quelques heures avant l'éclosion du kyste, tout le segment tordu des bandelettes s'efface *in situ*, tandis que la gibbosité postérieure se refond dans la masse du Cilié qui récupère à peu près son galbe initial.

En même temps, la ciliature ventrale subit des transformations qui inté-

ressent aussi les stries 1 et 9 de la ciliature générale. Les trois stries du champ ventral gauche se raccourcissent progressivement et il n'en reste, en définitive, que la strie située le plus à gauche, laquelle a détaché en avant d'elle un tronçon qui forme la mèche vibratile de la rosette pharyngienne. Les trois stries du champ ventral droit se raccourcissent moins vite et forment, par multiplication latérale de leurs blépharoplastes, l'une un champ, les deux autres un autre champ ciliaire, qui se confondent en un seul : le *champ médian* du tomite. Les deux stries 1 et 9 de la ciliature générale forment par le même processus le *champ antérieur* du tomite tandis qu'elles se résorbent dans leur région moyenne. Leurs tronçons postérieurs ainsi isolés se joignant à la seule strie restante du système ventral gauche, forment avec elle les *trois stries postorales* du tomite. La bouche et la rosace, apparues déjà au stade protomite, se trouvent juste à l'extrémité antérieure de ces trois stries. Du fait de l'annexion à la ciliature ventrale des stries 1 et 9 de la ciliature générale, celle-ci ne comprend plus que sept stries subméridiennes (au lieu de neuf chez le trophonte), légèrement hélicoïdales dextres. Ce type de ciliature est caractéristique du tomite et différencie celui-ci de tous les autres stades du cycle.

Kyste phorétique. — Nous savons : 1° que le tomite libéré est immédiatement apte à se fixer et à s'enkyster sur un Crustacé où il reste en position d'attente jusqu'à l'ingestion de son hôte par une Actinie; 2° que le Cilié enkysté n'est capable d'éclore et d'évoluer en trophonte qu'au bout de 15 à 24 heures après l'enkystement; 3° que le jeune trophonte à l'éclosion est très différent du tomite : il est fortement tordu en hélice dextre; sa ciliature générale a 9 stries au lieu de 7 chez le tomite, sa ciliature buccale 3 courtes stries. Il ne porte plus de traces des champs ciliaires. Une nouvelle métamorphose s'est donc produite qui a nécessité le délai phorétique. Malheureusement le détail de cette métamorphose échappe jusqu'ici à l'observation. Contrairement à ce que l'on pouvait croire tout d'abord, elle ne consiste pas seulement en une torsion dextre du tomite par compression sous le kyste puisqu'elle s'accompagne de la restitution de deux stries à la ciliature générale et de la disparition des champs ciliaires ventraux antérieurs et médian. Chez certaines espèces (*Spirophrya*), elle affecte même la forme du noyau.

Si l'on compare maintenant à cette évolution de la ciliature de la *Fœttingeria* celle des autres *Fœttingeriidæ*, on reconnaît qu'il y a un stade où, quelles que soient les différences qu'elle présente aux autres phases, la morphologie de toutes les espèces de la famille se refond en un type d'une

parfaite uniformité. C'est le stade tomite bien caractérisé par les attributs décrits plus haut : champ antérieur, champ médian, stries postorales, et par le fait que le nombre des stries méridiennes complètes y est inférieur de deux unités à celui du trophonte (7 au lieu de 9 chez *Fœttingeria*, *Polyspira*, *Gymnodinioides*; 14 au lieu de 16 chez *Spirophrya*). Ces caractères du tomite permettent d'attribuer avec certitude à la famille des *Fœttingeriidæ* tout Cilié qui les présente.

Quoique le plus uniforme, le tomite n'est pas le stade le plus simple du cycle. C'est, en effet, chez les tomontes, gros ou petits, qu'on observe la ciliature entièrement méridienne qui époque celle des Holotriches indifférenciés. Mais chez aucun de ceux-ci, non plus que chez aucun autre Cilié, à notre connaissance, il n'existe de métamorphoses analogues à celles que nous offrent les *Fœttingeriidæ*. Leur caractère exceptionnel nous commande pour l'instant d'en réserver l'interprétation.

IMMUNOLOGIE. — *Essais sur l'immunisation des abeilles.* Note de M. K. **Toumanoff**, présentée par M. F. Mesnil.

L'acquisition de connaissances sur l'immunité des abeilles et de leurs larves pourra rendre plus facile la lutte contre leurs maladies. Partant de cette idée, nous avons fait de nombreuses expériences sur l'immunité naturelle et acquise de ces insectes. Pour cela nous nous sommes servi d'abeilles provenant de colonies vigoureuses que nous avions à notre disposition.

Pour l'injection des microbes ainsi que pour la détermination des doses minima mortelles, nous avons suivi la technique de M. Métalnikoff [1].

Les abeilles en expérience ont été placées dans des cages Roubaud [2] et nourries avec du sucre candi; un coton imbibé d'eau était placé sur la cage.

Avant d'aborder nos expériences d'immunisation, nous avons fait plusieurs essais sur la vitalité des abeilles prélevées des ruches et placées dans des cages.

Nous nous sommes rendu compte que les abeilles, provenant de bonnes colonies, peuvent très bien vivre dans les cages Roubaud à la température

(1) Métalnikoff, *Immunité naturelle et acquise des chenilles de* Galleria melonella (*Ann. Inst. Pasteur*, 35, 1921, p. 363; 36, 1922, p. 233).

(2) Cages en tulle que ce savant emploie pour les élevages de moustiques.

de 27°-30° C. pendant 10 jours, c'est-à-dire pendant le temps nécessaire à nos expériences.

A la température du laboratoire (20°-22°), les abeilles ont vécu dans les cages parfois jusqu'à 14-16 jours; disons tout de suite qu'elles supportent assez bien, dans ces conditions, la double injection de vaccin et de virus.

L'injection du vaccin et du virus aux abeilles a été faite dans la cavité générale, entre les segments abdominaux.

Nos expériences nous ont permis de constater que les abeilles possèdent une assez grande immunité naturelle à l'égard de différents microbes.

Les essais d'immunisation qui ont porté sur un grand nombre de microbes seront exposés plus tard d'une manière très détaillée. Dans cette Note brève, nous n'exposerons que les résultats de nos essais sur l'immunisation des abeilles contre *Bacillus alvei*, Ch. et Ch., microbe qui accompagne une maladie du couvain des abeilles connue vulgairement sous le nom de « loque européenne ».

Nos essais nous ont démontré que la dose minima mortelle de notre *Bac. alvei* pour les abeilles était de $\frac{1}{320}$ de centimètre cube (approximativement) de culture de 24 heures de *B. alvei* dans 1^{cm^3} d'eau physiologique en dilution de 1, 2 ou 3 gouttes pour 1^{cm^3}.

Après injection de ces doses, les abeilles meurent ordinairement au bout de 48-72 heures et parfois, mais rarement, survivent encore un ou deux jours.

Voici à titre d'exemples quelques expériences sur la vaccination des abeilles.

Expérience a. — Le 7 septembre 1927, 5 abeilles reçoivent chacune $\frac{1}{320}$ de centimètre cube du vaccin *B. alvei* (culture 24 heures chauffée à 60°C. pendant une demi-heure).

Le 8 septembre, elles reçoivent chacune $\frac{1}{320}$ de centimètre cube du virus (dilution d'une culture de 24 heures dans 1^{cm^3} d'eau physiologique, 1 goutte : 1^{cm^3}).

5 abeilles sont témoins.

Le 14 septembre, toutes les abeilles immunisées sont vivantes; tous les témoins sont morts.

Expérience b. — Le 12 septembre 1927, 15 abeilles reçoivent chacune $\frac{1}{320}$ de centimètre cube du vaccin *B. alvei* (dilution, 1 goutte : 1^{cm^3} d'une culture de 24 heures chauffée à 60° pendant une demi-heure).

Le 17 septembre, toutes reçoivent le virus, à la même dose.

Contrôle : 12 abeilles.

Le 19 septembre, 10 abeilles immunisées sont vivantes, 4 sont mortes. Les abeilles non immunisées sont toutes mortes.

Expérience c. — Six abeilles d'une de nos expériences, vaccinées le 7 septembre, survécurent à l'injection du virus jusqu'au 11 septembre (dilution, 3 gouttes : 1^{cm^3}).

Le 14 septembre, elles reçoivent de nouveau le virus ($\frac{1}{320}$ de centimètre cube; dilution, 4 gouttes : 1^{cm^3}).

Contrôle : 6 abeilles.

Le 19 septembre, 3 abeilles immunisées sont vivantes, 3 sont mortes. Les abeilles non immunisées sont toutes mortes.

Il ressort de ces expériences que les abeilles peuvent acquérir l'immunité contre des doses mortelles de *B. alvei*.

Les abeilles, comme d'autres insectes (travaux de Metalnikoff et ses élèves, de Paillot), peuvent donc acquérir l'immunité après une vaccination préalable.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à l'étude du processus de neutralisation entre toxines et antitoxines (Diphtérie et Tétanos).* Note [1] de M. S. **Schmidt**, présentée par M. Roux.

Nous devons à Danysz une constatation bien intéressante pour ce qui regarde la neutralisation de la toxine diphtérique par son antitoxine. En effet, ce savant a démontré déjà en 1902 qu'une certaine quantité de toxine diphtérique se montre plus active si elle est ajoutée à l'antitoxine par fractions que lorsqu'on introduit le volume entier en une seule fois. Danysz devait en conclure que la toxine était capable de fixer l'antitoxine suivant des proportions variables [2]. Ensuite plusieurs chercheurs se sont livrés à l'étude de ce phénomène remarquable, dit phénomène de Danysz ou de Bordet-Danysz. On sait aussi que plusieurs théories contradictoires ont été avancées pour arriver à une explication vraisemblable.

Nous nous sommes proposé d'étudier par des expériences purement physico-chimiques la neutralisation partielle entre toxine et antitoxine et avons employé la méthode de floculation de G. Ramon.

La floculation qui a lieu entre toxine et antitoxine donne, comme on sait, une image fidèle de ce qui se passe entre les deux éléments, surtout elle nous renseigne sur la vitesse de réaction d'une façon plus frappante que ne le font les expériences sur cobayes ou lapins, tout en excluant les nom-

(1) Séance du 31 octobre 1927.

(2) Rappelons que Bordet avait fait des constatations semblables pour d'autres anticorps et antigènes, ce qui l'a conduit à émettre la théorie d'adsorption.

breuses sources d'erreur que présente inévitablement chaque essai sur des animaux.

Nous avons opéré sur 10$^{cm^3}$ de toxine et avons commencé par fixer la dose de sérum antitoxique nécessaire pour donner la première floculation en présence de cette quantité. Le titrage établi, nous avons préparé plusieurs séries d'expériences avec les mêmes quantités de sérum. A une série (essai témoin), nous avons ajouté le volume total (10$^{cm^3}$) de toxine en une fois; à d'autres séries, par contre, nous en avons introduit d'abord un certain pourcentage, par exemple, 1, 2, 4, 5, 6, 7 centimètres cubes, et après un séjour de contact avec le sérum de 12 à 20 heures à la température de 0°C., nous avons ajouté le reste de façon que le volume définitif de toxine fût toujours 10$^{cm^3}$.

Quand les mélanges étaient placés ensuite dans un bain-marie à 40°C., nous avons pu constater — étant d'accord avec Danysz — que la zone de floculation s'est déplacée sensiblement vers le côté antitoxique de la série. Relatons, à titre d'exemple, un essai avec la toxine et l'antitoxine diphtériques.

Un essai préliminaire nous permit de fixer la dose neutralisante de sérum à 0$^{cm^3}$,53. Nous préparâmes ensuite deux séries de tubes contenant les doses de sérum suivantes : 1,0; 0,91; 0,83; 0,76; 0,69; 0,63; 0,58; 0,53; 0,48; 0,44; 0,40 centimètres cubes en portant au volume total de 1$^{cm^3}$ avec de l'eau physiologique. Dans la première série, nous introduisîmes 10$^{cm^3}$ de toxine; dans la deuxième seulement 3$^{cm^3}$, soit 30 pour 100 du volume total. Les tubes furent ensuite placés dans la cave pendant 20 heures et puis mis au bain-marie. Avant la mise au bain-marie, nous ajoutâmes à la dernière série 7$^{cm^3}$ de toxine dans chaque tube.

Il en résulta :

1° Essai témoin (10$^{cm^3}$ en une fois).		2° Neutralisation partielle (d'abord 3$^{cm^3}$, ensuite 7$^{cm^3}$).	
Eau salée.	Sérum.	Eau salée.	Sérum.
	1,0		1,0
0,09	0,91	0,09	0,91
0,17	0,83	0,17	0,83 (1)
0,24	0,76	0,24	0,76 (2)
0,31	0,69	0,31	0,69 (3)
0,37	0,63 (1)	0,37	0,63 (2)
0,42	0,58 (2)	0,42	0,58 (1)
0,47	0,53 (3)	0,47	0,53
0,52	0,48 (2)	0,52	0,48
0,56	0,44 (1)	0,56	0,44
0,60	0,40	0,60	0,40

(1) Floculation faible. — (2) Floculation nette — (3) Floculation très forte.

Dans le premier cas 1^{cm^3} de toxine flocule avec $0^{cm^3},53$ de sérum, soit $0,53 \times 25 = 14,25$ u. a. (le sérum employé contenait 250 u. a. par centimètre cube).

Dans le second cas 1^{cm^3} est capable de neutraliser $0,69 \times 25 = 17,25$ u. a.

La limite de L_f est diminuée alors de 0,07 jusqu'à 0,058. Des essais faits sur cobayes nous ont permis de constater un déplacement du même ordre des limites L_1 et L_0.

Pour ce qui concerne la toxine et l'antitoxine tétaniques nous avons retrouvé le même phénomène. La toxine tétanique, ajoutée par deux fractions, flocule avec une dose de sérum qui est de 20 à 40 pour 100 plus élevée que le même volume ajouté en une fois. Quelques auteurs ont voulu expliquer le phénomène de Danysz tout simplement par l'extrême lenteur avec laquelle s'effectue la neutralisation entre la toxine et l'antitoxine. La démonstration faite par nous antérieurement de l'existence de sérums à réaction instantanée suffit à elle seule pour réfuter cette hypothèse.

Mais, en outre, l'injection aux cobayes ou aux lapins de toxines partiellement neutralisées avec de tels sérums, présente un phénomène de Danysz très net.

Il ressort donc de ces expériences que le complexe formé par la toxine et l'antitoxine en excès réagit autrement, avec une nouvelle quantité de toxine, que l'antitoxine libre.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Autonomie antigène du sarcome de Rous.* Note (¹) de MM. **E. Wollman** et **Achille Urbain**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente (²) nous avons montré qu'un sérum de lapin préparé avec du sarcome de Rous fixe fortement l'alexine (1500 unités) en présence de son antigène alors qu'il est à peu près inactif (10 unités) avec du tissu musculaire normal de poule (pectoral prélevé en dehors du foyer néoplasique).

Le tissu du sarcome de Rous diffère donc beaucoup par ses propriétés antigènes du tissu normal ambiant. Écartant l'hypothèse d'un virus dont le pouvoir antigène propre viendrait s'ajouter à celui des cellules de l'organisme nous avions interprété ce résultat en admettant que dans le sarcome dit infectieux, comme dans la bactériophagie, il s'agirait d'une variation

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1210.

cellulaire se traduisant entr'autres choses par une modification des caractères antigènes.

On pouvait se demander, toutefois, si les résultats enregistrés ne pouvaient s'expliquer, plus simplement, par la présence au niveau du néoplasme de cellules très différentes par leur origine des éléments musculaires environnants. La tumeur étant assez souvent fortement hémorragique il importait de tenir compte de la présence de grandes quantités de sang. D'autre part, étant donnée la nature des cellules néoplasiques (Carrel) il y avait lieu de comparer les propriétés antigènes de ces cellules avec celles d'un tissu à monocytes tel que le tissu splénique.

Dans ce but nous avons préparé des sérums pour le sarcome de Rous, ainsi que pour le tissu musculaire normal et pour le sang de poule en soumettant des lapins à une série d'injections avec chacun de ces antigènes. Ces sérums furent titrés au point de vue de leur teneur en sensibilisatrices vis-à-vis des antigènes homologues et hétérologues. Dans une autre expérience le sérum antitumeur le fut également vis-à-vis d'un antigène constitué par une émulsion de pulpe splénique de poule.

La technique suivie fut celle décrite dans la Note précédente. Voici les résultats obtenus exprimés en unités d'anticorps d'après la méthode de titrage de Calmette et Massol :

	Antigènes.		
Première expérience :	Tumeur.	Muscle.	Sang.
Sérum antitissu musculaire	20	500	5
Tumeur	5000	50	15
Sang	0	0	50

	Antigène.	
Deuxième expérience :	Tumeur.	Rate.
Sérum antitumeur	plus de 1000 (¹)	0

Ces résultats confirment ceux que nous avons rapportés dans notre première Note. Ils montrent en outre que les différences entre les propriétés antigènes du tissu néoplasique et celles du muscle environnant ne tiennent pas à la teneur, souvent considérable, en sang, de la tumeur. Enfin, il n'y a pas plus de parenté antigénique entre le tissu splénique et le tissu du sarcome qu'il n'y en a entre celui-ci et le tissu musculaire.

Quelle que soit l'origine qu'on lui attribue le tissu néoplasique présente

(¹) Le titrage n'a pas été poussé plus loin.

donc une autonomie antigène tout à fait nette. Ainsi que nous le faisions remarquer dans notre première Note, l'intensité même de cette fonction antigène nouvelle, étrangère aux cellules normales de l'organisme, permet difficilement de la rapporter à un virus invisible surajouté. Elle s'explique mieux dans l'hypothèse d'une modification des propriétés antigènes des cellules elles-mêmes, telle qu'on peut en observer, par exemple, au cours de certaines mutations bactériennes.

M. **Victor Aubert** adresse une Note intitulée *Gisement préchelléen et moustérien et ossements d'*Elephas primigenius *à Epone* (*S.-O.*).

A 17^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h30^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le rubrène : le pseudorubrène.* Note [1] de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Gérard Berchet.**

En vue d'acquérir des renseignements sur sa constitution, nous avons essayé d'hydrogéner le rubrène.

I. *Action de l'acide iodhydrique sur le rubrène.* — Quand on fait arriver du gaz iodhydrique dans une solution de rubrène (benzénique, par exemple), on constate l'apparition instantanée d'iode libre [2]. Si l'on prolonge le courant gazeux, le rubrène ne tarde pas à disparaître complètement, comme on peut s'en rendre compte en lavant la solution avec un sulfite : non seulement la couleur, mais même la fluorescence, qui est beaucoup plus sensible, ne se voit plus. Nous pensions avoir réalisé une scission par hydrogénation. Tout au contraire, c'est simplement une transformation isomérique du rubrène que nous avions effectuée. Pour cette raison, et aussi à cause de la disparition de la coloration, nous avons appelé l'isomère obtenu non pas isorubrène, réservant le mot pour un isomère éventuel coloré, mais *pseudorubrène*.

La libération d'iode signalée ci-dessus pouvait être considérée comme la

---

(1) Séance du 14 novembre 1927.

(2) Il est inutile que le rubrène soit entièrement dissous : une suspension du corps pulvérisé convient très bien. Par contre, le rubrène non mouillé de solvant ne paraît pas s'attaquer sensiblement.

preuve qu'une réaction d'hydrogénation se produisait. Nous nous sommes donc préoccupés de déterminer par la quantité d'iode libérée la quantité d'hydrogène fixée. Les chiffres trouvés ne correspondaient à aucune réaction simple d'hydrogénation du rubrène. De plus, ils variaient dans de larges limites d'une expérience à l'autre : ainsi, par exemple, dans trois essais consécutifs, les nombres d'atomes d'hydrogène qui devaient avoir réagi, d'après l'iode libéré, étaient de 0,5, de 0,4 et de 0,9; et des résultats tout aussi variables ont été trouvés dans une autre série d'essais, où l'on recherchait la dose minima de gaz iodhydrique nécessaire pour l'attaque complète du rubrène. Il y avait déjà là quelque chose de fort surprenant, étant donnée la grande netteté de la réaction; mais beaucoup plus inattendu encore a été pour nous le fait, révélé par l'analyse élémentaire et la détermination cryoscopique du poids moléculaire, que le composé issu de la réaction n'était ni un composé iodé ni un produit d'hydrogénation, mais un isomère du rubrène.

Une conclusion se dégageait donc nettement de cette étude : la réaction d'hydrogénation était une réaction accessoire, la réaction principale étant une isomérisation, et celle-ci ne présentait aucune relation stoechiométrique ni avec la quantité d'iode libérée ni avec celle d'acide iodhydrique mise en œuvre.

Il ne nous est pas possible à l'heure actuelle de proposer une explication de ce phénomène bizarre qu'est la libération d'iode et la variabilité si capricieuse de la quantité libérée. Nous supposons, pour l'instant, qu'il y a d'abord addition de deux molécules d'acide iodhydrique au rubrène et, aussitôt après, élimination de deux atomes d'iode voisins. Quant aux deux atomes d'hydrogène que l'on devrait retrouver dans la molécule, ils disparaissent suivant un mécanisme que nous n'avons pas élucidé, et pour lequel différentes hypothèses peuvent être envisagées (élimination à l'état libre, oxydation par l'oxygène atmosphérique, hydrogénation du solvant). L'idée de l'hydrogénation d'une partie du pseudorubrène nous paraît devoir être écartée, d'une part parce que le rendement en pseudorubrène est excellent, et, de l'autre, en raison des difficultés que paraît opposer cet hydrocarbure à l'hydrogénation (voir ci-dessous).

II. *Propriétés du pseudorubrène*. — Il se présente en cristaux incolores, retenant une molécule de solvant, qu'il perd à sa température de fusion. Les cristaux obtenus dans le benzène fondent à 210°. A cette température, on voit, sur le bloc Maquenne, une vive ébullition du liquide, et le tout se prend rapidement en masse ; on observe, en élevant la température, une deuxième fusion à 278°, qui est celle du corps exempt de solvant.

Le solvant, dans les cristaux, est attaché à la molécule du carbure d'une manière assez lâche, attendu que la dissociation est complète en dissolution, comme en témoigne la cryoscopie dans un autre solvant : tandis qu'on obtient des chiffres suffisamment approchés du nombre théorique quand on fait l'étude cryoscopique du produit privé de solvant par un chauffage prolongé.

Le pseudorubrène, chauffé à feu nu dans un tube à essai, donne naissance à des vapeurs violettes rappelant les vapeurs d'iode (ce qui aurait pu faire penser que le corps était iodé). L'étude de cette matière violette est en cours.

L'acide sulfurique concentré dissout à chaud le pseudorubrène en donnant une liqueur vert intense. Celle-ci, versée dans l'eau, fournit une solution vert clair, qui présente une forte fluorescence violette. Il est à remarquer qu'on observe la même réaction avec le rubrène.

III. En dehors des expériences relatées ci-dessus, nous avons tenté l'hydrogénation du rubrène par d'autres moyens. Nos essais par la méthode catalytique de Roger Adams (à l'oxyde de platine), avec un catalyseur dont l'activité avait été contrôlée par une réaction d'épreuve, ont toujours laissé le rubrène inaltéré.

Il en a été de même pour le pseudorubrène soumis aux mêmes traitements. Nous avons cependant réussi à attaquer cet hydrocarbure en le chauffant, suivant la méthode de Berthelot, avec l'acide iodhydrique en tube scellé à 200°. Mais on obtient alors une huile qu'il a été impossible de faire cristalliser ; l'étude n'en a pas été poursuivie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition des acides forméniques par l'acide sulfurique*. Note de MM. **Jean-Baptiste Senderens** et **Jean Aboulenc**.

I. Dans une précédente Communication [1] on a montré que l'acide sulfurique dédoublait l'acide formique selon l'équation

$$(a) \qquad HCO.OH = CO + H^2O.$$

Avec les homologues de cet acide, on devrait avoir

$$(b) \qquad RCO.OH = CO + ROH.$$

L'acide propionique par exemple donnerait

$$(c) \qquad CH^3.CH^2.CO.OH = CO + CH^3.CH^2.OH,$$

[1] J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 856.

l'éthanol ainsi formé se combinant avec SO^4H^2 pour donner $SO^4HC^2H^5$.

Il pourrait en être de la sorte si, comme pour l'acide formique, la réaction se faisait à température peu élevée. Or l'acide sulfurique à 66° B. ne commence à décomposer l'acide propionique que vers 165°, et l'on sait que dès 160°, on a

$$SO^4HC^2H^5 = C^2H^4 + SO^4H^2.$$

On sait également qu'à 165° et au-dessus l'éthylène donne avec SO^4H^2 du CO, CO^2, SO^2 et du charbon. Il faudra donc s'attendre à retrouver ces divers corps avec le CO de l'équation (*c*).

II. Nous avons opéré avec un mélange de 1^{vol} (soit 20^{cm^3}) d'acide propionique et de 5^{vol} (soit 100^{cm^3}) d'acide sulfurique, 66° B., mélange qui permet de dépasser 200°, sans distillation de l'acide organique et que nous avons adopté pour tous les acides dont il sera question dans cette Note.

Le gaz se dégage nettement à 165°, mélange de CO, CO^2 et de SO^2, ce dernier étant retenu par l'eau. Les expériences prolongées durant deux heures, en laissant la température s'élever graduellement, ont donné comme moyenne de résultats :

Température.	Vitesse par minute du gaz dégagé.	CO pour 100.	CO^2 pour 100.
°	$^{cm^3}$		
165	5	92	8
175	10	90	10
185	16	86	14
195	14	72	28

Par où l'on voit qu'au début la réaction se rapproche de l'équation (*c*); puis CO^2 augmente ainsi que SO^2, et le liquide se charbonne de plus en plus.

III. *L'acide butyrique normal* $CH^3.CH^2.CH^2.CO^2H$ est attaqué plus difficilement que le précédent par l'acide sulfurique. Le gaz ne commence à se dégager que vers 200°, sa vitesse n'étant que de 2 à 3^{cm^3} par minute. Le liquide se charbonne et l'on recueille sur l'eau du CO et du CO^2, tandis que SO^2 s'y dissout.

L'acide valérique n-$CH^3(CH^2)^3.CO^2H$;

L'acide caproïque ou hexylique $CH^3.(CH^2)^4CO^2H$;

L'acide acétique lui-même se comporte vis-à-vis de l'acide sulfurique comme l'acide butyrique *n*.

IV. *L'acide isobutyrique* $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH - CO^2H$ se distingue de son isomère,

l'acide butyrique normal, par la facilité avec laquelle il est décomposé par l'acide sulfurique. Le dégagement gazeux commence vers 140°, augmente avec la température sauf à diminuer vers la fin de la réaction, comme l'indique le tableau suivant.

Température.	Vitesse par minute du gaz dégagé.	CO pour 100.	CO^2 pour 100.
°	cm³		
140	2	98	2
160	18	98	2
180	93	96	4
190	150	94	6
195	102	82	18
200	70	60	40

Au début où il n'y a que des traces de CO^2 et de SO^2, la réaction peut s'écrire :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH.CO.OH + SO^4H^2 = CO + SO^4HCH\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix} + H^2O.$$

La décomposition de $SO^4H.CH(CH^3)^2$ fournit ensuite des quantités croissantes de CO^2, de SO^2 et de charbon qui sous la forme d'une masse spongieuse envahit tout le ballon.

L'action de l'acide sulfurique n'est guère diminuée si, au lieu d'être 5 fois plus grand, son volume n'est que le double de celui de l'acide isobutyrique; elle est notablement plus faible quand les deux acides sont à volumes égaux.

V. *L'acide isovalérique* $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH.CH^2.CO^2H$ n'est pas aussi facilement attaqué que le précédent par SO^4H^2. Le gaz commence bien à se dégager vers 140° en donnant d'abord du CO et puis un mélange de CO, CO^2 et SO^2 avec dépôt de charbon; mais le dégagement gazeux est moins abondant et s'arrête plus tôt.

Avec *l'acide isocaproïque* $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH.CH^2.CH^2.CO^2H$, l'attaque ne paraît se produire que vers 150° et le dégagement gazeux est encore plus lent que pour l'acide isovalérique.

Avec l'isomère de ce dernier au contraire, *l'acide diéthylacétique*

$$\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\!\!>CH.CO^2H$$

l'attaque par SO^4H^2 commence dès 130° et à 140° fournit 90^{cm^3} de CO par

minute. Puis, à cette même température apparaît CO^2 avec SO^2, et la liqueur se charbonne. Le mélange se composait, comme toujours, de 20^{cm^3} d'acide organique et de 100^{cm^3} d'acide sulfurique 66°B.

VI. Il résulte de cet exposé que l'introduction d'une chaîne latérale dans les acides forméniques favorise leur attaque par l'acide sulfurique, la facilité de l'attaque paraissant augmenter avec la longueur de la chaîne latérale et diminuer lorsque cette chaîne s'éloigne du carboxyle.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La Polyspermie chez le Triton et le clivage simultané en quatre obtenu par centrifugation.* Note [1] de M. E. **Bataillon**.

On oppose couramment la polyspermie *physiologique* des Sélaciens, des Sauropsidés et des Urodèles à la polyspermie *pathologique* de la Grenouille. J'ai montré comment cette dernière peut être provoquée facilement en bloquant momentanément la réaction de l'œuf, par les sels ou par la chaleur, lors de l'imprégnation. La polyspermie physiologique relève au fond d'une condition analogue, d'une rigidité due à l'accumulation des réserves. Entre le cas de la Grenouille et celui du Triton, il n'y aurait donc à l'origine, qu'une différence de susceptibilité.

Mais comment se fait-il que les noyaux mâles surnuméraires de Triton dégénèrent avant le clivage au lieu de provoquer la *division baroque* qui compromet régulièrement l'embryogénie des Anoures?

L'étude de ces noyaux est restée lacunaire. La *division directe* décrite et figurée par Braus [2] relève certainement d'une erreur d'interprétation. Le spermaster ne régresse pas suivant la description de Michaelis [3] qui n'a vu qu'une fois le centre divisé en deux. Beaucoup de ces pronucléi mâles engagent une mitose qui peut aller pour certains *jusque vers la métaphase*. Mais *toujours il y a asynchronisme entre la cinèse diploïde et les cinèses haploïdes*, la première anticipant nettement sur les autres.

N'y aurait-il pas possibilité de rétablir le synchronisme?

Le premier clivage des œufs de *Molge Alpestris* se produisant au bout de 7 heures à 18°, alors que chez la Grenouille le délai n'est que de 3 heures et

---

(1) Séance du 14 novembre 1927.

(2) H. Braus, *Ueber Zellteilung und Wachstum des Tritoneies, etc.* (*Ien. Zeitsch. f. Naturwiss.*, 29, 1895, p. 443-511).

(3) L. Michaelis, *Die Befruchtung des Tritoneies* (*Arch. f. Mik. Anat.*, 48, 1897, p. 523-545).

demie, on pouvait songer à un écart cinétique faible et inefficace chez les œufs d'Anoures; on pouvait imaginer par ailleurs une prépondérance des processus chimiques pendant l'évolution des pronucléi, des processus physiques à partir du début de la mitose. Le coefficient de température étant théoriquement plus fort pour les premiers que pour les seconds, une température élevée risquait de précipiter la division en atténuant la discordance des rythmes sur l'œuf d'Urodèle.

Il n'en fut rien; à la limite de 24°, l'œuf de Triton se clive bien en 4 heures 30 minutes, mais on n'observe pas la division baroque.

L'origine du déséquilibre est plus profonde. L'étude topographique des divers stades d'arrêt établit que les mitoses haploïdes vont plus ou moins loin, suivant la charge vitelline du territoire qui leur est dévolu. De là une nouvelle idée directrice à contrôler : *c'est la pénurie de l'œuf en plasma qui commande l'asynchronisme mitosique et l'arrêt plus ou moins précoce de l'évolution astérienne.*

Le contrôle expérimental nous sera fourni par la centrifugation, qui tasse les grosses sphères vitellines au pôle végétatif, et peut assurer à un noyau mâle surnuméraire une zone plasmatique compatible avec l'achèvement d'une cinèse.

Le matériel est délicat, et l'on ne peut user que d'un centrifugeur à main, à la vitesse de 100 à 150 tours par minute.

Des lots d'une douzaine d'œufs sont ainsi centrifugés pendant 3 ou 5 minutes, au contact d'un sperme très dense. Après quoi, la souillure des enveloppes rendant l'observation difficile, nous supprimons la gangue par le cyanure.

Les œufs de *M. Alpestris*, fécondés dans la proportion de 19 sur 20, nous donnent au moins $\frac{1}{3}$ de divisions simultanées. Nous fixons quelques-uns de ces œufs vers la division, quelques autres 1 heure 15 minutes après la division. Le reste du matériel trié montre le lendemain de belles blastulas mais le surlendemain toutes les ébauches se désagrègent.

Des œufs fixés et étudiés cytologiquement, je ne retiens ici que deux cas bien typiques.

Premier cas. — Le clivage est à peine indiqué extérieurement. Il s'agit d'un œuf trispermique; mais il se comporte comme dispermique. La mitose amphimixique est en télophase; à chaque pôle, il y a deux grosses vésicules nucléaires accolées, au centre de deux sphères énormes, séparées par un diastème qui marque le plan de division. Sur l'un des bords de l'œuf, ce diastème se bifurque, délimitant un territoire qui, lui aussi, est muni d'une figure télophasique. Celle-ci, plus courte et plus petite, n'a à chaque pôle qu'une vésicule nucléaire. Ici le volume du noyau est visiblement

moitié moindre. Cette mitose *est au même stade que la première :* elle a un diastème qui tombe normalement sur l'une des divisions du diastème principal. La division en quatre est donc bien indiquée.

Le troisième noyau spermatique est noyé, avec son aster réduit, dans l'une des sphères principales.

Deuxième cas. — Voici maintenant un œuf qui schématise *à la deuxième cinèse*, le type décrit ci-dessus. Le clivage est acquis, clivage simultané en quatre segments inégaux, symétriques deux à deux. Le diamètre moyen des plus petits est approximativement à celui des plus grands comme 1 est à 2; et l'étude des coupes nous met en présence de quatre métaphases, deux haploïdes et deux diploïdes, préparant un stade à huit éléments. Il s'agit d'un œuf fixé 75 minutes après la première division en quatre.

Réservons la description d'autres cas plus compliqués. Elle fera comprendre que le succès de l'expérience suppose une polyspermie faible, et un pronucléus mâle occupant une position favorable.

A défaut du *clivage baroque*, nous obtenons sur ces œufs le *double fuseau de Boveri*, ces ébauches mixtes, partiellement haploïdes, partiellement diploïdes, qui sortent d'une division simultanée en quatre. Grâce à ce mode de clivage que Herlant [1] a vainement cherché dans la dispermie des œufs de Grenouille, la complication des territoires binucléés est écartée. Ici, suivant l'expression du biologiste belge, c'est « le réglage immédiat ».

Avec ce réglage, la mortalité précoce de nos embryons est un peu inattendue. En tout cas, nous avons atteint notre objectif. *Il est possible de provoquer expérimentalement sur l'œuf de Triton l'achèvement de la mitose abortive ébauchée par un noyau spermatique surnuméraire.*

M. **Maurice de Broglie** fait hommage à l'Académie de son ouvrage : *Introduction à la physique des rayons X et gamma*, écrit en collaboration avec M. Louis de Broglie.

ÉLECTIONS.

M. **Louis Roy**, par 43 suffrages contre 1 à M. *Joseph Auclair*, est élu Correspondant pour la Section de Mécanique.

Il y a 1 bulletin blanc.

---

(1) M. Herlant, *Recherches sur les œufs di- et trispermiques de Grenouille* (*Arch. de Biol.*, 26, 1911, p. 103-336).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Contribution à l'étude systématique et biologique des Termites de l'Indochine*, par Jean Bathellier.

2° *Les Gallinacés et Pigeons de l'Annam*, par J. Delacour et P. Jabouille.

3° *Les Élatérides de l'Indochine française*, par E. Fleutiaux.

4° *Ondes et mouvements*, par L. de Broglie. (Présenté par M. M. de Broglie.)

5° *Les équations de la gravitation einsteinienne*, par Georges Darmois, fascicule XXV du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. J. Hadamard.)

6° *Carte photographique et systématique de la Lune. Description sommaire et coordonnées rectilignes des principales formations représentées sur les planches. Images directes.* Six planches en héliogravure, par C. Le Morvan. (Présenté par M. H. Deslandres.)

THÉORIE DES ERREURS. — *Application de la méthode des moindres carrés à un système d'inconnues susceptibles de variation.* Note (¹) de M. **Félix Leprince-Ringuet**, présentée par M. Rateau.

Lorsqu'un ensemble de n mesures expérimentales $m_1, m_2, \ldots, m_n$ servent à déterminer p inconnues $x, y, z, \ldots, p < n$, au moyen d'équations linéaires

$$(1) \qquad \begin{cases} a_1 x + b_1 y + c_1 z + \ldots - m_1 = 0, \\ a_2 x + b_2 y + c_2 z + \ldots - m_2 = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

la méthode des moindres carrés donne les valeurs de ces inconnues qui correspondent au minimum d'erreur probable sur les mesures effectuées.

Mais il peut parfaitement arriver que les quantités m soient déterminées

(¹) Séance du 31 octobre 1927.

avec assez d'exactitude, et que ce soient les inconnues qui subissent certaines variations, de sorte que l'incompatibilité des n équations résulte, non pas tant de l'inexactitude des mesures effectuées, que de l'incertitude des lois que les équations expriment. C'est ce qui arrive notamment dans l'étude de phénomènes complexes où des circonstances qui nous échappent viennent troubler les lois principales que l'on se propose de déterminer.

Ayant dans ces conditions à résoudre le système d'équations (1), *dans l'hypothèse où les premiers membres comportent des écarts de même valeur probable* λ, je me propose d'y substituer un autre système de p équations linéaires, tel que l'approximation réalisée sur les déterminations des inconnues soit la meilleure possible.

A cet effet multiplions les équations (1) respectivement par des coefficients arbitraires $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ et additionnons. L'équation obtenue

$$x(a\lambda)+y(b\lambda)+z(c\lambda)+\ldots-(m\lambda)=0 \tag{2}$$

donnera

$$x=\frac{(m\lambda)}{(a\lambda)} \tag{3}$$

si les coefficients de y, z, ... sont tous nuls; c'est-à-dire si l'on a

$$(b\lambda)=0, \qquad (c\lambda)=0, \qquad \ldots. \tag{4}$$

D'autre part, l'écart probable sur x sera

$$\xi=\chi\frac{\sqrt{(\lambda^2)}}{(a\lambda)}.$$

Il sera miuimum si

$$\frac{(a\lambda)}{(\lambda^2)}(\lambda\, d\lambda)-(a\, d\lambda)=0$$

pour toutes les valeurs de $d\lambda_1$, $d\lambda_2$, ..., $d\lambda_n$ satisfaisant au système (4).

On aura donc

$$\left\{\begin{array}{l} \left[\frac{(a\lambda)}{(\lambda^2)}\lambda_1-a_1\right]d\lambda_1+\left[\frac{(a\lambda)}{(\lambda^2)}\lambda_2-a_2\right]d\lambda_2+\ldots=0,\\ b_1\, d\lambda_1+b_2\, d\lambda_2+\ldots=0,\\ c_1\, d\lambda_1+c_2\, d\lambda_2+\ldots=0,\\ \ldots\ldots\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ \ldots\ldots \end{array}\right. \tag{5}$$

Multiplions respectivement les équations (5) par μ, μ', μ'', ... et additionnons, nous obtenons une équation dans laquelle nous annulerons chacun

des termes en $d\lambda_1$, $d\lambda_2$, ..., ce qui donne

$$(6)\qquad \left\{\begin{array}{l} -\lambda_1\dfrac{\mu(a\lambda)}{(\lambda^2)}+\mu a_1+\mu' b_1+\mu'' c_1+\ldots=0,\\ -\lambda_2\dfrac{\mu(a\lambda)}{(\lambda^2)}+\mu a_2+\mu' b_2+\mu'' c_2+\ldots=0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.\end{array}\right.$$

Les valeurs λ_1, λ_2, ... ainsi déterminées en fonction de μ, μ', μ'', ..., reportées dans le système (4), donnent

$$(7)\qquad \left\{\begin{array}{l} \mu(ab)+\mu'(b^2)+\mu''(bc)+\ldots=0,\\ \mu(ac)+\mu'(bc)+\mu''(c^2)+\ldots=0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\end{array}\right.$$

système homogène de $p-1$ équations à p inconnues μ, μ', μ'', ... qui sont ainsi déterminées.

Il suffit maintenant de multiplier les équations (6) respectivement par m_1, m_2, ..., m_n et d'additionner, on obtient

$$-\frac{(m\lambda)\mu(a\lambda)}{(\lambda^2)}+\mu(am)+\mu'(bm)+\mu''(cm)+\ldots=0.$$

L'élimination des quantités μ autres que celle du premier terme entre cette équation et les équations (6) donne

$$(8)\qquad \frac{(m\lambda)\mu(a\lambda)}{(\lambda^2)}\Delta_{aa}=\Delta_m(x).$$

Multiplions de même les équations (6) respectivement par a_1, a_2, ..., a_n et additionnons, il vient

$$-\frac{(a\lambda)\mu(a\lambda)}{(\lambda^2)}+\mu(a^2)+\mu'(ab)+\mu''(ac)+\ldots=0.$$

Et en éliminant comme précédemment les quantités μ entre cette équation et les équations (7), on obtient

$$(9)\qquad \frac{(a\lambda)\mu(a\lambda)}{(\lambda^2)}\Delta_{aa}=\Delta.$$

Le rapport $\frac{(8)}{(9)}$ donne

$$x=\frac{(m\lambda)}{(a\lambda)}=\frac{\Delta_m(x)}{\Delta},$$

qui n'est autre que la valeur donnée par la méthode des moindres carrés,

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Quelques remarques sur l'écart géodésique et des problèmes pareils.* Note [1] de M. **J.-A. Schouten**, présentée par M. Hadamard.

M. Levi-Cività [2] a donné une généralisation de l'équation bien connue de Jacobi pour l'écart géodésique, c'est-à-dire pour la distance vectorielle des points correspondants de deux géodésiques infiniment voisines dans une V_n (espace de Riemann). En considérant deux V_2 minima dans une V_n, M. Cartan [3] a obtenu une équation qui est à la fois une généralisation de l'équation de M. Levi-Cività et de l'équation bien connue de Schwarz.

Étant données deux V_m arbitraires infiniment voisines dans une V_n, on peut exprimer tous les affineurs fondamentaux de la première V_m en fonction de ceux de l'autre et de l'écart et de ses dérivés. Des équations obtenues ainsi se déduisent, par particularisation, les équations de l'écart de deux V_m géodésiques (généralisation du résultat de M. Levi-Cività) et de l'écart de deux V_m minima (généralisation du résultat de M. Cartan). De plus on peut déduire les équations de l'écart de chaque classe spéciale de V_m, caractérisée par des conditions arbitraires données par avance, en introduisant ces conditions dans les formules générales. Beaucoup d'applications géométriques s'y rattachent. Nous nous contenterons ici de donner les équations générales et quelques-unes des particularisations.

Les x^ν, étant des coordonnées dans la V_n, les y^a, $a, b, c = 1, \ldots, m$, des coordonnées dans la V_m, posons

$$B^\nu_\alpha = \frac{\partial x^\nu}{\partial y^\alpha}. \qquad (1)$$

Alors on peut réduire tous les affineurs de la V_m au système d'indices grecs, au moyen de B^ν_a et B^c_λ. Les affineurs fondamentaux les plus importants d'une V_m dans V_n sont

$$B^\nu_\lambda; \quad B^c_a = \begin{cases} 1, & c = a \\ 0, & c \neq a \end{cases}; \qquad H_{ab}^{\cdot\cdot\nu} = B^{\lambda\mu}_{ab} \nabla_\mu B^\nu_\lambda = \nabla_a B^\nu_b; \quad D^\nu = g'^{ab} H_{ab}^{\cdot\cdot\nu}; \qquad (2)$$

$$K'_{abcd} = 2 H_{[a[c}^{\cdot\cdot\alpha} H_{b]d]\alpha} + B^{\omega\mu\lambda\nu}_{abcd} K_{\omega\mu\lambda\nu}, \qquad (3)$$

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) *Sur l'écart géodésique* (*Math. Ann.*, **97**, 1926, p. 291-320).

(3) *Sur l'écart géodésique et quelques notions connexes* (*Rend. Acc. Linc.*, 6a, **5**, 1927, p. 609-613).

$\overset{p}{\nabla}$ est un opérateur covariant qui est équivalent à l'opérateur différentiel covariant ∇ de la V_n, suivi de p opérateurs B^{μ}_{α}, opérant sur les p premiers indices du résultat. En écrivant εv^{ν} pour l'écart et en indiquant la différentielle covariant le long de ce déplacement par δ, on a

$$\text{(I)} \qquad \delta g'_{\lambda\mu} = 2\varepsilon B^{\alpha}_{(\lambda} C^{\beta}_{\mu)} \nabla_\alpha v_\beta,$$

$$\text{(II)} \qquad dg'_{ab} = 2\varepsilon B^{\alpha\beta}_{(ab)} \nabla_\alpha v_\beta,$$

$$\text{(III)} \qquad \delta H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu} = 2\varepsilon H^{\alpha\cdot\nu}_{\cdot(\lambda} C^{\beta}_{\mu)} \nabla_\alpha v_\beta - 2\varepsilon H^{\beta\cdot\nu}_{\cdot(\lambda} B^{\alpha}_{\mu)} \nabla_\alpha v_\beta - \varepsilon H^{\cdot\cdot\beta}_{\lambda\mu} g'^{\nu\alpha} \nabla_\alpha v_\beta$$
$$- \varepsilon B^{\alpha\beta}_{\lambda\mu} C^{\nu}_{\delta} K^{\cdot\cdot\cdot\delta}_{\gamma\alpha\beta} v^\gamma + \varepsilon C^{\nu}_{\alpha} B^{ab}_{\lambda\mu} \overset{2}{\nabla}_a \overset{1}{\nabla}_b v^\alpha,$$

$$\text{(IV)} \qquad dH^{\cdot\cdot\nu}_{ab} = - \varepsilon H^{\cdot\cdot\beta}_{ab} g'^{\nu\alpha} \nabla_\alpha v_\beta - \varepsilon B^{\alpha\beta}_{ab} C^{\nu}_{\delta} K^{\cdot\cdot\cdot\delta}_{\gamma\alpha\beta} v^\gamma$$
$$+ \varepsilon C^{\nu}_{\alpha} \overset{2}{\nabla}_a \overset{1}{\nabla}_b v^\alpha - \varepsilon H^{\cdot\cdot\alpha}_{ab} \Gamma^{\nu}_{\alpha\beta} v^\beta,$$

$$\text{(V)} \qquad \delta D^{\nu} = - \varepsilon D^{\beta} g'^{\nu\alpha} \nabla_\alpha v_\beta - \varepsilon C^{\nu}_{\delta} g'^{\alpha\beta} K^{\cdot\cdot\cdot\delta}_{\gamma\alpha\beta} v^\gamma$$
$$+ \varepsilon C^{\nu}_{\alpha} g'^{ab} \overset{2}{\nabla}_a \overset{1}{\nabla}_b v^\alpha - \varepsilon H^{\alpha\beta\nu} \nabla_\alpha v_\beta,$$

$$\text{(VI)} \qquad dK'_{abcd} = - 4\varepsilon B^{\alpha\beta}_{[a[c} H^{\cdot\cdot\delta}_{b]a]} K_{\gamma\alpha\beta\delta} v^\gamma + 4\varepsilon H^{\cdot\cdot\alpha}_{[a[c} \overset{2}{\nabla}_{b]} \overset{1}{\nabla}_{d]} v_\alpha$$
$$+ \varepsilon B^{\omega\mu\lambda\nu}_{abcd} \{ K_{\alpha\mu\lambda\nu} \nabla_\omega v^\alpha + K_{\omega\alpha\lambda\nu} \nabla_\mu v^\alpha + K_{\omega\mu\alpha\nu} \nabla_\lambda v^\alpha + K_{\omega\mu\lambda\alpha} \nabla_\nu v^\alpha \}$$
$$+ \varepsilon v^{\varepsilon} B^{\alpha\beta\gamma\delta}_{abcd} \nabla_\varepsilon K_{\alpha\beta\gamma\delta}.$$

De (II) on déduit les équations de la flexion d'une V_m dans V_n :

$$(4) \qquad B^{\alpha\beta}_{(ab)} \nabla_\alpha v_\beta = 0.$$

De (III) ou (IV) on déduit pour les V_m géodésiques ($H^{\cdot\cdot\nu}_{\lambda\mu} = 0$) :

$$(5) \qquad C^{\nu}_{\alpha} \overset{2}{\nabla}_a \overset{1}{\nabla}_b v^\alpha - B^{\alpha\beta}_{ab} C^{\nu}_{\delta} K^{\cdot\cdot\cdot\delta}_{\gamma\alpha\beta} v^\gamma = 0.$$

Pour $m = 1$, i^ν étant le vecteur-unité tangent et u^ν le vecteur de première courbure, (V) devient

$$(6) \qquad \delta v^\nu = - \varepsilon u^\beta g'^{\nu\alpha} \nabla_\alpha v_\beta - \varepsilon i^\alpha i^\beta K^{\cdot\cdot\cdot\nu}_{\gamma\alpha\beta} v^\gamma + \varepsilon C^{\nu}_{\alpha} \frac{\delta^2 v^\alpha}{ds^2} - 2\varepsilon u^\nu g'^{\alpha\beta} \nabla_\alpha v_\beta,$$

d'où suit pour les géodésiques ($u^\nu = 0$) :

$$(7) \qquad C^{\nu}_{\alpha} \frac{\delta^2 v^\alpha}{ds^2} - i^\alpha i^\beta K^{\cdot\cdot\cdot\nu}_{\gamma\alpha\beta} v^\gamma = 0,$$

c'est-à-dire l'équation de M. Levi-Cività.

De (V) suit, pour les V_m minima ($D^\nu = 0$), l'équation

$$(8) \qquad C^{\nu}_{\alpha} g'^{ab} \overset{2}{\nabla}_a \overset{1}{\nabla}_b v^\alpha - C^{\nu}_{\delta} g'^{\alpha\beta} K^{\cdot\cdot\cdot\delta}_{\gamma\alpha\beta} v^\gamma - 2 H^{\alpha\beta\nu} \nabla_\alpha v_\beta = 0,$$

qui, pour $m = 2$ et $v^\nu \perp V_2$, est équivalente à l'équation de M. Cartan.

De (I) on déduit, pour $m = n - 1$ et $v^\nu \perp V_{n-1}$,

(9) $$d\sqrt{g'} = \varepsilon v \sqrt{g'} h^{\alpha}_{.\alpha};$$

v étant la longueur de v^ν et $h_{\mu\lambda}$ le second tenseur fondamental de la V_{n-1}. Ainsi la condition que les V_{n-1} soient minima est nécessaire et suffisante pour que la correspondance engendrée par les trajectoires orthogonales d'un système de $\infty^1 V_{n-1}$ conserve les volumes ([1]).

Pour $m = n - 1$ et $v^\nu \perp V_{n-1}$, (V) prend la forme plus simple

(10) $$dh^{;\alpha}_{\alpha} = \varepsilon v g'^{\gamma\delta} K_{\gamma\alpha\beta\delta} i^\alpha i^\beta - \varepsilon \nabla'^{\alpha} \nabla'_{\alpha} v - \varepsilon v h^{\alpha\beta} h_{\alpha\beta},$$

laquelle produit, pour $V_n = R_3$, l'équation de Schwarz des V_2 minima

(11) $$\nabla'^{\alpha} \nabla'_{\alpha} v - 2 K'_0 v = 0,$$

K'_0 étant la courbure de la V_2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les suites de fonctions holomorphes. Fonctions entières.* Note ([2]) de M. **S. Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Théorème I. — *Soit $f_n(z)$ une suite de fonctions holomorphes dans un domaine* D *et qui convergent dans ce domaine uniformément vers l'infini.*

A tout domaine fermé D_1 situé à l'intérieur de D correspond un nombre positif fini et fixe α $(1 < \alpha < +\infty)$ et un entier n_0 tels que quel que soit le couple de points z_0 et z_1 de D_1 on a

(1) $$\frac{1}{\alpha} < \frac{\log|f_n(z_1)|}{\log|f_n(z_0)|} < \alpha$$

pour $n > n_0$.

De même si dans D, $f_n(z)$ tend uniformément vers une fonction holomorphe $f(z)$ sans que $f_n(z) - f(z)$ s'annule, alors à D_1 correspondra $\alpha'(1 < \alpha' < +\infty)$ et un n_0 tels, que pour tout couple (z_0, z_1) de D_1 on a pour $n > n_0$

$$\frac{1}{\alpha'} < \frac{\log|f_n(z_0) - f(z_0)|}{\log|f_n(z_1) - f(z_1)|} < \alpha'.$$

([1]) E. Bompiani, *Studi sugli spazi curvi* (*Atti Veneto*, 80, 1920-1921, p. 1113-1145, 1142).

([2]) Séance du 14 novembre 1927.

On peut prendre dans D_1 deux courbes fermées C_1 et C_2 et pour chaque n choisir pour z_0 un point de C_1 où $|f_n(z - f(z)|$ atteint son maximum sur C_1 et pour z_1 un point de C_2 où $|f_n(z) - f(z)|$ atteint son maximum sur C_2. Dans le cas où $f_n(z) - f(z)$ ne s'annule pas le théorème de M. Ostrowski ([1]) ressort alors comme un cas très particulier du nôtre, et nous précisons aussi ce théorème.

Voici la démonstration du théorème I, simplifiée par M. Montel :

z_0 étant un point quelconque de D_1 considérons pour n assez grand

$$\varphi_n(z, z_0) = [f_n(z)]^{\frac{1}{\log|f_n(z_0)|}}$$

et

$$u_n(z, z_0) = \log|\varphi_n(z, z_0)| = \frac{\log|f_n(z)|}{\log|f_n(z_0)|}.$$

La famille de fonctions $\varphi_n(z, z_0)$, considérées comme fonctions de z (et en prenant pour z_0 toutes les valeurs de D_1) holomorphes dans le domaine D'' contenu dans D et contenant D_1, est normale et bornée dans D'' [puisque pour n assez grand $|\varphi_n(z, z_0)| > 1$ et $|\varphi_n(z_0, z_0)| = e$]. Donc les u_n sont aussi bornés, d'où le théorème.

Il est évident que, pour les fonctions harmoniqnes $\theta_n(P)$ tendant uniformément à l'infini dans D, on peut remplacer dans l'énoncé du théorème précédent la formule (1) par

$$(1') \qquad \frac{1}{\alpha} < \frac{\theta_n(P_0)}{\theta_n(P_1)} < \alpha,$$

où P_0 et P_1 sont des points quelconques de D_1 ; d'où :

THÉORÈME I *bis*. — *Soient $f_n(z)$ une suite de fonctions holomorphes dans* D, *et telles qu'il existe un nombre positif* M *pour lequel on ait*

$$|\operatorname{Arg} f_n(z)| < \pi M,$$

quel que soit z dans D *et pour tout n.*

([1]) D'après M. Ostrowski,

$$\frac{1}{\alpha} < \frac{\log m_n}{\log m'_n} < \alpha,$$

où $m_n = \max|f_n(z) - f(z)|$ sur C_1 et $m'_n = \max|f_n(z) - f(z)|$ sur C_2, α dépend d'ailleurs d'après cet auteur de la forme de C_1 et C_2. Voir P. MONTEL, *Leçons sur les familles normales* (Paris, Gauthier-Villars, 1927), p. 199.

Si ces fonctions $f_n(z)$ tendent uniformément vers l'infini, alors à chaque domaine fermé D_1 à l'intérieur de D correspond un nombre positif fixe et fini α $(1 < \alpha < +\infty)$ et un entier n_0 tels que, pour tout couple (z_0, z_1) de D_1, on a

$$(1'') \qquad \frac{1}{\alpha} < \left| \frac{f_n(z_0)}{f_n(z_1)} \right| < \alpha$$

dès que $n > n_0$.

Ce théorème se ramène au cas (1') en remarquant que les parties réelles ainsi que les parties imaginaires des fonctions

$$\varphi_n(z) = i \sqrt[5M]{f_n(z)}$$

tendent uniformément vers l'infini dans D.

Les théorèmes exposés permettent de tirer plusieurs conclusions relatives à la représentation conforme et aux fonctions entières. Par exemple :

Théorème II. — *Soient $F(z)$ une fonction entière; D, D_1, D_2, ... une suite de domaines simplement connexes dans le plan z, et $\varphi_1(z)$, $\varphi_2(z)$, ... la suite de fonctions holomorphes transformant uniformément le domaine D en D_1, D_2, ... Soient β et γ deux points à l'intérieur de D et*

$$\beta_n = \varphi_n(\beta), \qquad \gamma_n = \varphi_n(\gamma) \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Si

$$\lim_{n=\infty} F(\beta_n) = \infty \qquad \textit{et} \qquad \lim \frac{\log|F(\gamma_n)|}{\log|F(\beta_n)|} = \infty,$$

$F(z)$ prend dans l'ensemble de domaine D_n une infinité de fois toutes les valeurs possibles, sauf peut-être une.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions entières et les droites de Julia.* Note de M. **W. Gontcharoff**, présentée par M. Hadamard.

$f(z)$ étant une fonction entière de la variable $z = re^{i\theta}$, la demi-droite issue de l'origine $\theta = \theta_0$ est appelée *droite de Julia* ou *droite* (J) si la famille des fonctions $f_t(z) \equiv f(tz)$ $(t \geqq 1)$ cesse d'être normale en un point d'argument θ_0. On sait que dans le voisinage d'une droite (J), la fonction $f(z)$ prend toutes les valeurs finies sauf une au plus.

I. L'ensemble des droites (J) est nécessairement fermé. Inversement :

Un ensemble E fermé *arbitraire* de demi-droites issues de l'origine étant donné : 1° *il existe des fonctions entières $f(z)$ d'ordre quelconque $\rho \leqq \frac{1}{2}$*

dont l'ensemble des droites (J) *coïncide avec* E; 2° *il existe des fonctions entières* $f(z)$ *d'ordre quelconque* $\rho > \frac{1}{2}$ *dont l'ensemble des droites* (J) *coïncide avec l'ensemble* E *dans l'intérieur d'un angle de sommet origine et d'ouverture égale au plus grand des nombres* $\frac{\pi}{\rho}$ et $2\pi - \frac{\pi}{\rho}$.

II. Soit $\theta = \theta_0$ une droite de condensation des zéros d'une fonction entière $f(z)$ d'ordre ρ : cela veut dire qu'on peut extraire, de la suite des zéros, une suite partielle $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$ dont les arguments aient pour limite θ_0. Cette suite étant rangée suivant les modules non décroissants : *si le rapport* $\frac{|a_{n+1}|}{|a_n|}$ *est borné supérieurement :* 1° *lorsque* $\rho \leqq \frac{1}{2}$, *la droite considérée est une droite* (J); 2° *lorsque* $\rho > \frac{1}{2}$, *il y a une droite* (J) *au moins, dans tout angle de sommet origine et d'ouverture* $2\pi - \frac{\pi}{\rho}$ *qui contient la droite considérée.*

III. Désignons par a_n les zéros d'une fonction entière de genre zéro $f(z)$, et soit $n(r)$ le nombre des zéros dont les modules ne dépassent pas r. Admettons que l'on ait, pour toutes les valeurs de r suffisamment grandes,

$$n(\mu r) \leqq \lambda n(r),$$

où λ et μ sont des nombres positifs ($1 < \lambda < \mu < 2$). Posons :

$$K = \frac{1}{\lambda - \frac{1}{\lambda}} \left[\log\mu + \frac{1}{\lambda} \int_0^{\frac{1}{\mu}} \frac{dt}{(1-t)\, t^{1-\sigma}} - \lambda \int_\mu^\infty \frac{dt}{(t-1)\, t^{1-\sigma}} \right],$$

où $\sigma = \frac{\log\lambda}{\log\mu}$. Si $K > 0$, $|f(z)|$ croît indéfiniment avec $\frac{1}{z}$ d'une manière uniforme en dehors des cercles de centres a_n et de rayons $|a_n| e^{-(K-\varepsilon)}$, ε étant un nombre positif arbitrairement petit. On tire de ce résultat certaines conclusions concernant les droites (J). Soient $\eta = \arc\sin e^{-K} \left(0 < \eta < \frac{\pi}{2}\right)$; E l'ensemble des nombres correspondant aux arguments des zéros; E′ son dérivé; E'_η l'ensemble des nombres dont le module de la différence avec un élément de E′ ne dépasse pas η. L'ensemble E_η est formé d'un nombre fini d'intervalles α_i non empiétants. Désignons par A_i les angles correspondants : 1° *il n'y a pas de droites* (J) *en dehors des angles* A_i; 2° *dans chacun des angles* A_i *il doit y avoir une droite* (J) *au moins.* En particulier, si le nombre K peut être rendu aussi grand qu'on le veut (en choisissant conve-

nablement λ et μ) : 1° toute droite (J) est une droite de condensation de zéros; 2° toute droite de condensation de zéros isolée est une droite (J).

IV. Si les zéros a_n d'une fonction de genre zéro $f(z)$ vérifient la relation

$$\lim_{n\to\infty} n \log\left|\frac{a_{n+1}}{a_n}\right| = \lambda > 2,$$

$|f(z)|$ croît indéfiniment avec $\frac{1}{z}$ d'une manière uniforme en dehors des cercles de centres a_n et de rayons $|a_n|e^{-n\left(\frac{\pi}{2}\cot\frac{\pi}{\lambda}-\varepsilon\right)}$. Les dernières conclusions de III subsistent.

V. Plaçons-nous dans le cas où tous les zéros d'une fonction de genre zéro $f(z)$ sont positifs. Alors, il est possible d'indiquer des nombres α et β $\left(0 \leqq \alpha \leqq \beta \leqq \frac{\pi}{2}\right)$ qui jouissent des propriétés suivantes :

$$\lim_{r\to\infty} |f(re^{i\theta})| = 0 \qquad (0 \leqq |\theta| < \alpha),$$
$$\underline{\lim}_{r\to\infty} |f(re^{i\theta})| = 0, \quad \overline{\lim}_{r\to\infty} |f(re^{i\theta})| = \infty \qquad (\alpha < |\theta| < \beta),$$
$$\lim_{r\to\infty} |f(re^{i\theta})| = \infty \qquad (\beta < |\theta|).$$

(Si l'ordre ρ n'est pas supérieur à $\frac{1}{2}$, on a nécessairement $\alpha = 0$; si ρ est supérieur à $\frac{1}{2}$, on a $\alpha \leqq \pi - \frac{\pi}{2\rho} \leqq \beta$.) *L'ensemble des droites* (J) *est formé par toutes les droites issues de l'origine dont les arguments satisfont à l'inégalité* $\alpha \leqq |\theta| \leqq \beta$.

L'exemple

$$f(z) = \prod_1^\infty \left(1 - \frac{z}{q^n}\right)^{2^n} \qquad (q > 2)$$

montre que l'on peut avoir effectivement $\alpha < \beta$. Il existe même des fonctions d'ordre arbitrairement petit $\Big($plus précisément, telles que $n(r) \leqq \omega(r)$, où $\omega(r)$ est une fonction croissante assujettie à la seule condition : $\overline{\lim}_{r\to\infty} \frac{\omega(r)}{\log r} = \infty\Big)$, pour lesquelles on a $\beta = \frac{\pi}{3}$.

Ce qui précède fait voir que *la position des droites* (J) *est liée non seulement à l'ordre de croissance des modules des zéros, mais aussi à la régularité de cette croissance.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des séries entières doubles.* Note de M. F. LEJA, présentée par M. Hadamard.

La convergence d'une série double sera entendue au sens de M. Pringsheim : « Une série double $\Sigma a_{\mu\nu}$ converge vers s si à tout $\varepsilon > 0$ correspond un indice N tel que $s_{\mu\nu} = \sum_{i=1}^{\mu}\sum_{j=1}^{\nu} a_{ij}$ diffère de s de moins de ε pour $\mu \geqq N$, $\nu \geqq N$ ».

Appelons *ensemble d'unicité* chaque ensemble (E) des points du plan tels que, si deux séries entières simples $\Sigma a_\nu x^\nu$ et $\Sigma b_\nu x^\nu$ convergent et prennent les mêmes valeurs en chaque point de (E), ces séries sont toujours identiques.

THÉORÈME. — *Si une série entière double*

$$\sum_{\mu,\,\nu=0}^{\infty} a_{\mu\nu} x^\mu y^\nu \tag{1}$$

converge aux points (x_0, y), *où* x_0 *est fixe et* y *parcourt un ensemble d'unicité* (E), *toutes les lignes* $\sum_{\mu=0}^{\infty} a_{\mu\nu} x^\mu$, $\nu = 0, 1, \ldots$ *de la série* (1) *convergent elles aussi.*

Démonstration. — Posons $x_0 = 1$ et $\sum_{i=0}^{\mu} a_{ij} = \sigma_\mu^{(j)}$ et supposons que la suite double

$$s_{\mu\nu}(y) = \sum_{i=0}^{\mu}\sum_{j=0}^{\nu} a_{ij} y^j = \sigma_\mu^{(0)} + \sigma_\mu^{(1)} y + \ldots + \sigma_\mu^{(\nu)} y^\nu \tag{2}$$

converge $s_{\mu\nu}(y) \to s(y)$, pour $\mu, \nu \to \infty$, dans un ensemble d'unicité (E) des y. L'ensemble (E) étant infini, on prouve d'abord facilement que la suite simple

$$\sigma_0^{(j)}, \sigma_1^{(j)}, \ldots, \sigma_\mu^{(j)}, \ldots \tag{3}$$

est bornée pour $j = 0, 1, 2, \ldots$.

Supposons que la suite (3) ne soit pas convergente pour chaque j et que, en particulier, on ait

$$\sigma_{p_k}^{(0)} \to a_0 \qquad \text{et} \qquad \sigma_{q_k}^{(0)} \to b_0 \neq a_0$$

pour $k \to \infty$. Posons

$$\sigma_{p_k}^{(j)} = \sigma_{k0}^{\prime(j)} \qquad (k, j = 0, 1, \ldots)$$

et extrayons de $\sigma_{k0}^{(1)}$ une suite partielle, que je désignerai par $\varphi_{k1}^{(1)}$, convergente vers une limite a_1; puis, $\sigma_{k1}^{(j)}$ désignant la suite partielle de $\sigma_{k0}^{(j)}$ correspondant à $\sigma_{k1}^{(1)}$, extrayons de la suite $\sigma_{k1}^{(2)}$ une suite partielle, que je désignerai par $\sigma_{k2}^{(2)}$, convergente vers une limite a_2 et ainsi de suite.

On peut prouver que la suite $\sigma_{kk}^{(j)}$ $(k=0, 1, \ldots)$, diagonale par rapport aux suites $\sigma_{k0}^{(j)}$, $\sigma_{k1}^{(j)}$, ... $(k=0, 1, \ldots)$, converge pour chaque j et qu'on a

$$\sigma_{kk}^{(j)} \underset{k\to\infty}{\to} a_j \qquad (j=0, 1, \ldots).$$

Formons de la même manière de la suite $\sigma_{qk}^{(j)} = s_{k0}^{(j)}$ $(k=0, 1, \ldots)$ une suite partielle $s_{kk}^{(j)}$ convergente pour chaque j vers une limite b_j et spécialement vers le nombre b_0 pour $j=0$ et considérons les deux séries simples

$$(4) \qquad \begin{cases} a_0 + a_1 y + a_2 y^2 + \ldots, \\ b_0 + b_1 y + b_2 y^2 + \ldots. \end{cases}$$

Les suites $\sigma_{kk}^{(j)}$ et $s_{kk}^{(j)}$ $(k=0, 1, \ldots)$, étant des suites partielles de $\sigma_{\mu}^{(j)}$ $(\mu=0, 1, \ldots)$, posons

$$\sigma_{kk}^{(j)} = \sigma_{\alpha_k}^{(j)}, \qquad s_{kk}^{(j)} = \sigma_{\beta_k}^{(j)} \qquad (k, j = 0, 1, \ldots.$$

On a pour k, $\nu \to \infty$,

$$s_{\alpha_k\nu}(y) = \sigma_{\alpha_k}^{(0)} + \sigma_{\alpha_k}^{(1)} y + \ldots + \sigma_{\alpha_k}^{(\nu)} y^\nu \to s(y),$$
$$s_{\beta_k\nu}(y) = \sigma_{\beta_k}^{(0)} + \sigma_{\beta_k}^{(1)} y + \ldots + \sigma_{\beta_k}^{(\nu)} y^\nu \to s(y),$$

donc, étant pour $k\to\infty$, $\sigma_{\alpha_k}^{(j)} \to a_j$ et $\sigma_{\beta_k}^{(j)} \to b_j$, on a $\Sigma a_j y^j = \Sigma b_j y^j = s(y)$ en chaque point de (E) et, par suite, les séries (4) sont identiques contre l'hypothèse $a_0 \neq b_0$; le théorème est donc démontré.

La frontière (F) du domaine de convergence absolue de la série (1) peut, comme on sait, être représentée par deux équations de la forme

$$(5) \qquad |y| = \varphi(|x|) \qquad \text{pour} \qquad 0 \leqq |x| \leqq R,$$
$$(6) \qquad |x| = R \qquad \text{pour} \qquad 0 \leqq |y| < \varphi(R).$$

A l'aide de notre théorème on peut démontrer que :

Les points de divergence de la série (1) *situées sur la partie* (6) *de* (F[1]) *ne peuvent pas être isolés dans l'ensemble* (F).

Cette propriété des points de divergence semble surprenante parce qu'on peut donner des exemples de séries entières doubles pour lesquelles les points de convergence situés sur (F) sont isolés par rapport à (F).

(1) Il est probable que la partie (5) de (F) jouit de la même propriété, mais je ne possède pas la démonstration de ce fait.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur la divergence des séries de Fourier de fonctions continues*. Note de M. **Georges Alexits**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai publié récemment (¹) une démonstration, d'après laquelle il y a des séries de Fourier de fonctions continues divergentes sur un ensemble de mesure positive. Un élément essentiel de cette démonstration est l'égalité de l'ensemble de convergence et l'ensemble de convergence simplement uniforme. On peut aisément voir que cette égalité n'est pas toujours réalisée, mais on peut changer cette partie critique de la démonstration en introduisant une autre forme de convergence, aussi efficace que la convergence simplement uniforme.

Soit à cet égard B l'ensemble de tous les points x pour lesquels on peut trouver un tel nombre $n_{\delta,x}$, que l'inégalité

$$|f(x') - s_n(x')| < \delta \tag{1}$$

soit vérifiée par les sommes partielles $s_n(x)$ de la série de Fourier d'une fonction continue $f(x)$ pour tous les $n \geqq n_{\delta,x}$ et en tous les points x' du voisinage $V_{\delta,n}(x)$ du point x, où $V_{\delta,n}(x)$ dépend de la grandeur des nombres δ et n.

On voit de la même manière, comme je l'ai démontré dans ma Note citée pour l'ensemble de convergence simplement uniforme, que B est un ensemble G_δ. Il ne faut donc que démontrer l'égalité $B = C$, C étant l'ensemble de convergence de la suite $s_n(x)$ pour que les autres parties de ma démonstration restent applicables.

Tous les points de convergence appartiennent, d'après Dini (²), à l'ensemble B, alors $C \subset B$. Mais on a, d'après la définition (1), en tout point $x \varepsilon B$,

$$|f(x) - s_n(x)| < \delta \qquad (n \geqq n_{\delta,x}).$$

Il s'ensuit donc $x \varepsilon C$, c'est-à-dire $B \subset C$, ce qui équivaut, d'après les précédents, à

$$B = C.$$

Ma démonstration, publiée dans ladite Note, transformée dans le sens de la remarque précédente est donc, en vertu de cette égalité, rigoureuse.

(¹) G. Alexits, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 721-723.

(²) U. Dini, *Fondamenti per la teorica delle Funzioni di variabili reali*, Pisa, 1878, p. 107-109.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions analytiques à singularités réelles.* Note (¹) de M. **Krawtchouk**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit r_k le rayon de convergence de la série $f_k(z) = s_0^k + s_1^k z + s_2^k z^2 + \ldots$, où

$$f_k(z)[p_{k+1} + q_{k+1}z - z^2 f_{k+1}(z)] = 1 \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots),$$

les s_i^0 étant réels et vérifiant les conditions

$$(1) \qquad \Delta_i(s^k) = \begin{vmatrix} s_0^k & s_1^k & \ldots & s_i^k \\ s_1^k & s_2^k & \ldots & s_{i+1}^k \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ s_i^k & s_{i+1}^k & \ldots & \ldots \end{vmatrix} > 0 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, k = 0).$$

Il est connu que dans l'identité

$$z\sum_{i=1}^{k} \frac{R_{ki}}{1 - \alpha_{ki}z} = \frac{1}{\frac{p_1}{z} + q_1} - \ldots - \frac{1}{\frac{p_k}{z} + q_k},$$

α_{ki} est réel et $R_{ki} > 0$; de plus, pour $|z| < r_0$ et pour tout z non réel, on a

$$(2) \qquad f_0(z) = \lim_{k=\infty} \sum_{i=1}^{k} \frac{R_{ki}}{1 - \alpha_{ki}z}.$$

D'autre part, d'après les recherches de M. J. Hadamard (²), on déduit de (1) les mêmes inégalités $\Delta_i(s^k) > 0$ pour $k = 1, 2, \ldots$.

Soit maintenant

$$(3) \qquad zf_0(z) = A_l t^{-l} + \ldots + A_1 t^{-1} + \ldots \qquad \left(t = z - a \text{ ou } t = -\frac{1}{z}\right);$$

en posant

$$t = M e^{\frac{k\pi i}{2l}} \qquad (k = 1, k = 3; M > 0),$$

où M est assez petit, on déduit de (2) et de (3) que *tous les pôles de $zf_0(z)$ sont simples et leurs résidus négatifs*. Il suit alors de (1) que *$f_0(z)$ n'a pas de points essentiels isolés* (ce résultat m'a été aimablement communiqué par M. N. Tschebotarew), car, dans le cas contraire, une des deux fonctions $zf_1(z)$ et $zF_1(z)$, où $F_0(z) = f_0(z) + 1$, aurait des résidus positifs. De (2) et de (3), on déduit encore que $r_k > r_{k-1}$, *si le point singulier*

(¹) Séance du 14 novembre 1927.

(²) *Journal de Mathématiques*, 4ᵉ série, 9, 1893, p. 195-199.

de $f_{k-1}(z)$ le plus approché de $z=0$ est un pôle, et $r_k = r_{k-1}$ dans le cas contraire.

De ces propositions découle la généralisation suivante du résultat de M. Grommer : *Soit $f_0(z)$ une fonction uniforme; si l'ensemble* P *de points singuliers α^{-1} de $f_0(z)$ est tel que*

$$|\alpha_1| \geqq |\alpha_2| \geqq \ldots \geqq |\alpha_\infty| \geqq |\alpha_{\infty+1}| \geqq \ldots,$$

alors

$$(4) \qquad f_0(z) = R_0 + \sum \frac{R}{1-\alpha z} \qquad (R_0 \geqq 0,\ R > 0).$$

La formule (4) reste vraie aussi dans des cas plus généraux, par exemple sous la seule condition qu'un des ensembles dérivés P′, P″, ... soit nul; la démonstration est basée sur le théorème de MM. Landau et Carathéodory [1] qui permet d'établir les inégalités

$$\Delta_i(\sigma) > 0 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots),$$

où

$$\sigma_0 + \sigma_1(z-h) + \sigma_2(z-h)^2 + \ldots = (z-h)^{-1}[z f_0(z) - h f_0(h)]$$

et h est un nombre réel.

Les résultats énoncés subsistent encore *mutatis mutandis* sous les conditions

$$\Delta^i(s') > 0 \qquad (i = m, m+1, m+2, \ldots, l \geqq 0)$$

plus générales que (1).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les coefficients de la série de Taylor.* Note de M. G. **Pólya**, présentée par M. Émile Borel.

Soit 1 le rayon de convergence de la série

$$(1) \qquad a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n \ldots.$$

Je considère les n quantités $|a_1|, \sqrt{|a_2|}, \sqrt[3]{|a_3|}, \ldots, \sqrt[n]{|a_n|}$; leur somme soit désignée par nV_n et le nombre de celles parmi elles qui sont supérieures à ρ^{-1} par $nP_n = nP_n(\rho)$; je suppose $\rho > 1$. V_n est une valeur moyenne, introduite par M. Valiron dans une Note récente [2] et P_n est une « probabilité ». Les valeurs de P_n et les limites d'indétermination de V_n

(1) *Sitzungsberichte der Berliner Akademie*, 1911, p. 598.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 831.

sont comprises entre o et 1. Les cas extrêmes sont donc :

$$(2) \qquad \lim V_n = 1, \qquad \overline{\lim} V_n = 1, \qquad \lim V_n = 0, \qquad \underline{\lim} V_n = 0,$$

$$(3) \qquad \lim P_n = 1, \qquad \overline{\lim} P_n = 1, \qquad \lim P_n = 0, \qquad \underline{\lim} P_n = 0,$$

les limites étant prises pour $n \to \infty$. Concevons les équations (3) comme subsistant pour toutes les valeurs de ρ supérieures à 1 ; alors chacune des équations (2) est équivalente à l'équation correspondante de la ligne (3). Chacun des quatre cas extrêmes est en rapport intime avec les singularités de la fonction définie par (1).

1. M. Valiron énonce (*loc. cit.*) le théorème suivant : *Admettons que la série* (1) *ne possède sur son cercle de convergence qu'un point singulier; si ce point est isolé et non critique, on a* $\lim V_n = 1$. Le même théorème a été énoncé il y a longtemps par M. Faber [1] sous une forme légèrement différente ($\lim P_n = 1$ pour $\rho > 1$ au lieu de $\lim V_n = 1$). Dans une Note précédente [2], j'ai eu l'occasion de faire remarquer qu'un point de la démonstration, supprimé par M. Faber, peut être complété.

2. Vu l'équivalence de $\overline{\lim} V_n = 1$ et de $\overline{\lim} P_n = 1$ pour $\rho > 1$, le lemme III de ma Note précitée peut être énoncé ainsi : *Admettons que la série* (1) *ne possède sur son cercle de convergence qu'un point singulier; si ce point est semi-isolé, on a* $\overline{\lim} V_n = 1$.

3. Vu l'équivalence de $\lim V_n = 0$ et de $\lim P_n = 0$, pour $\rho > 1$, un théorème bien connu de M. Fabry peut être énoncé ainsi : *Si* $\lim V_n = 0$, *le domaine d'existence de la fonction définie par la série* (1) *est le cercle* $|z| < 1$.

4. M. Valiron, après avoir énuméré quelques cas simples, où $\lim V_n$ existe et a une valeur positive, pose une question peu différente de la suivante : Sous quelles conditions peut-on affirmer que $\underline{\lim} V_n = 0$? J'ai réussi à donner une réponse assez générale : *Si* $\underline{\lim} V_n = 0$, *le domaine d'existence de la fonction définie par la série* (1) *est* SIMPLEMENT CONNEXE. Cet énoncé contient le lemme II de ma Note précitée et le théorème remarquable de M. Ostrowski qui y est utilisé, il généralise dans un certain sens le théorème de M. Fabry mentionné et renferme entre autres les faits suivants : Si $\underline{\lim} V_n = 0$, la fonction définie par (1) est uniforme, elle a une infinité non dénombrable de points singuliers et n'a aucun point singulier isolé. D'où l'on voit la raison pourquoi M. Valiron a réussi à constater que $\underline{\lim} V_n > 0$ pour les singularités les plus simples.

---

[1] *Jahresbericht des deutsch. Math. Ver.*, 16, 1907, p. 285 (voir p. 297).

[2] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 579.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les tourbillons cellulaires et la théorie de Rayleigh.* Note (¹) de M. **Henri Bénard**, présentée par M. M. Brillouin.

Un des derniers Mémoires (²) de Lord Rayleigh, mort en 1919, est consacré à un essai de théorie des *tourbillons cellulaires*, dus à la convection de la chaleur, que j'avais étudiés expérimentalement à partir de 1899. L'auteur dit expressément avoir voulu expliquer mes résultats; il n'a cependant pas poussé les calculs jusqu'au contrôle des valeurs numériques. Je me propose de montrer que l'accord est excellent, au moins en ce qui concerne les dimensions des cellules hexagonales et carrées.

Rayleigh part des équations du mouvement d'un liquide incompressible visqueux présentant des différences finies de température, sous la forme que leur a donnée M. Boussinesq. Il établit d'abord l'inégalité à satisfaire par le produit des deux coefficients de viscosité et de conductibilité thermique et par le gradient vertical de température, pour qu'il y ait *équilibre stable préconvectif* d'une lame liquide chauffée par en dessous. Puis, quand cet équilibre stable n'est plus possible, il discute à quelles conditions peut subsister un *régime permanent* de tourbillons, tel que ceux que j'ai observés.

Il est essentiel de noter que cette théorie donne seulement le *minimum* admissible de largeur des cellules polygonales.

D'autre part, ainsi que Rayleigh l'a fait remarquer lui-même, ses conditions aux limites sont irréelles : elles reviennent à admettre *deux surfaces libres*, l'une dessus, l'autre dessous, présentant toutes les deux des vitesses horizontales finies et des températures uniformes. Or, dans les deux seuls cas pratiquement réalisables, la lame liquide possède *une seule surface libre* ou bien n'en possède *pas du tout*.

J'avais surtout employé le premier dispositif, exceptionnellement le second, difficile à étudier, dont C. Dauzère s'est approché un peu en recouvrant la surface libre d'une pellicule de savon solide. Récemment H. Jeffreys (³) a étudié théoriquement ce que devient l'inégalité de Rayleigh relative à l'équilibre stable dans les deux cas pratiquement réalisables : le coefficient numérique seul est légèrement modifié.

(¹) Séance du 14 novembre 1927.

(²) *Phil. Mag.*, 6ᵉ série, **32**, 1916, p. 529; *Scient. Papers*, **6**, p. 432.

(³) *Phil. Mag.*, 7ᵉ série, **2**, 1926, p. 833.

1° *Cellules hexagonales.* — Rayleigh, ne pouvant traiter le problème rigoureusement, lui applique la solution approchée, facile à obtenir par les fonctions de Bessel, que fournirait une cellule cylindrique ayant comme section un cercle de même aire que l'hexagone régulier. Il n'a pas achevé le calcul, mais on trouve aisément, e désignant l'épaisseur du liquide, et λ la distance horizontale de deux centres d'hexagones contigus :

$$\left(\frac{\lambda}{e}\right)_{\text{min.}} = \frac{2z_1}{\sqrt{\pi\sqrt{3}}} = 3{,}29;$$

z_1 étant la première racine positive de l'équation $J'_0(z) = 0$.

Or les mesures très précises effectuées sur mes meilleures séries de clichés, presque entièrement composés d'hexagones réguliers, m'avaient conduit à la conclusion suivante, que je cite textuellement [1] :

Pendant le refroidissement de 100° à 50° du spermaceti liquide, le rapport $\frac{e}{\lambda}$, qui va d'abord en croissant, passe par un maximum, puis décroît, jusqu'à la température où le procédé optique cesse de révéler le réseau polygonal ; la valeur de ce maximum diffère très peu pour les différentes épaisseurs. Il décroît de 0,306 à 0,299, quand l'épaisseur croît de $0{,}5^{\text{mm}}$ à 1^{mm}.

Donc, le minimum de $\frac{\lambda}{e}$ a varié de 3,27 à 3,34, en excellent accord avec la valeur théorique 3,29 de Rayleigh.

2° *Cellules carrées.* — En négligeant la viscosité, et en première approximation, Rayleigh trouve, pour le minimum de $\frac{\lambda}{e}$, la valeur $2\sqrt{2}$ ou 2,83.

On ne peut s'attendre à un contrôle expérimental aussi précis que pour les cellules hexagonales ; il est très rare en effet qu'on obtienne un quadrillage régulier de cellules carrées très étendu : c'est là évidemment un régime à stabilité restreinte, qui ne persiste jamais indéfiniment. On trouve seulement parfois quelques îlots de cellules quadrilatères, pseudo carrées, peu nombreuses, îlots raccordés au réseau hexagonal prédominant par une seule rangée de pentagones.

Parmi mes anciennes photographies, les trois seules qui contiennent des îlots appréciables de cellules carrées ont été obtenues avec un flux de chaleur élevé, c'est-à-dire, d'après la théorie, comme d'après mes propres observations, dans des conditions où la largeur des cellules dépasse notablement son minimum. En fait, je trouve

$$\frac{\lambda}{e} = 3{,}57; \quad 3{,}05; \quad 2{,}95.$$

---

[1] *Ann. de Ch. et de Ph.*, 7e série, 23, 1901, p. 140 et fig. 28.

Le sens des écarts et l'ordre dans lequel ils se rangent sont conformes aux prévisions de la théorie.

Enfin, parmi les clichés obtenus par C. Dauzère, en 1912, et qu'il a bien voulu me confier, une série, relative à la cire blanche d'abeilles, sous l'épaisseur $0^{mm},69$, m'a paru remarquable par le nombre et l'importance des îlots de cellules carrées intercalés dans un réseau de petites cellules hexagonales très régulières (1). Le meilleur cliché (température + 128°) de cette série a donné les valeurs suivantes :

$\frac{\lambda}{e}$ moyen des carrés (13 cellules formant 4 îlots)	2,83
» des hexagones de la même plage	3,17

Le second nombre est un peu faible, comparé à la valeur théorique; mais le premier est identique à la valeur théorique 2,83 de Rayleigh.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Action des antidétonants sur l'inflammabilité adiabatique des carbures d'hydrogène*. Note de MM. **M. Aubert**, **A. Pignot**, **J. Villey**, présentée par M. A. Cotton.

Les résultats antérieurement donnés par l'un de nous relativement à l'inflammabilité adiabatique de divers carburants paraissaient manifester un parallélisme net entre l'inflammabilité ainsi caractérisée et la « détonabilité », c'est-à-dire l'aptitude à donner les propagations à régime détonant si fâcheuses dans les moteurs à explosion. Ils l'avaient conduit à commencer des essais relatifs à l'influence que pourraient avoir, sur l'inflammabilité adiabatique des carbures d'hydrogène, les corps connus pour être des antidétonants actifs. Les premiers essais, alors signalés, avaient porté seulement sur des additions de toluidine (jusqu'à 10 pour 100) et de sulfure d'éthyle (jusqu'à 5 pour 100) dans le cyclohexane, qui ne déplaçaient pas de façon appréciable la courbe caractéristique d'inflammabilité (2).

Nous avons repris cette étude, qui présente un intérêt évident pour l'interprétation du mécanisme d'intervention des antidétonants.

Le parallélisme signalé ci-dessus semble, au moins à première vue, presque évident puisque la propagation détonante consiste essentiellement

(1) Le troisième de ces clichés, désigné par F-2, avait été reproduit dans mon Mémoire des *Annales de Chimie et de Physique*, *loc. cit.*, p. 133.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 376

dans l'inflammation adiabatique des tranches successivement atteintes par l'onde de compression.

En réalité, il y a toutefois des différences importantes : d'une part les compressions adiabatiques de la propagation détonante sont infiniment plus rapides que celles obtenues, par le choc d'un mouton, dans les mesures d'inflammabilité; d'autre part et surtout, les phénomènes de détonation se produisent, dans les moteurs, en milieu hétérogène contenant des gouttelettes liquides. Celles-ci n'existent pas dans les mélanges gazeux homogènes sur lesquels sont effectuées nos mesures d'inflammabilité adiabatique.

Nous avons mis en expérience le corps qui a été signalé jusqu'ici comme l'antidétonant de beaucoup le plus actif, c'est-à-dire le plomb tétraéthyle.

Ajouté au cyclohexane, en proportions importantes (jusqu'à 10 pour 100) il élève très légèrement sa courbe caractéristique d'inflammabilité, de quantités à peu près proportionnelles à la concentration; ce déplacement devient absolument négligeable pour les très faibles concentrations utilisées pratiquement dans les moteurs avec des effets antidétonants très considérables.

Avec l'heptane normal et l'hexane normal, qui sont plus détonants que le cyclohexane, nous avons obtenu les mêmes résultats négatifs; nous avons même observé que l'addition de doses massives abaisse légèrement les courbes caractéristiques d'inflammabilité au lieu de les élever.

Les tableaux ci-après donnent quelques valeurs de températures d'inflammabilité (températures initiales nécessaires pour obtenir l'inflammation par compression adiabatique), pour le coefficient de compression volumétrique 9, relevées sur les courbes expérimentales.

Proportion $\frac{\text{air}}{\text{carbure}}$	10.	15.	20.	25.
Cyclohexane pur	63°	46°	41,5°	42°
» à 3,4 % $Pb(C^2H^5)^4$	65	52	46	45
» à 10 % »	72	61	55	53

Proportion $\frac{\text{air}}{\text{carbure}}$.	Hexane normal.		Heptane normal.	
	Pur.	A 5 % $Pb(C^2H^5)^4$.	Pur.	A 5 % $Pb(C^2H^5)^4$.
15	34,5°	29°	36,5°	34,5°
20	30	24,5	31,5	29
25	26	21,5	28,5	26,5
30	24	21	27	26

Ces expériences, effectuées sur le produit considéré comme l'antidétonant le plus puissant, donnent donc des résultats analogues à ceux qui avaient été observés avec la toluidine et le sulfure d'éthyle. La conclusion est que des additions qui suffisent à élever de façon très considérable la limite (taux de compression) de détonabilité n'ont pas d'action analogue sur l'inflammabilité adiabatique.

Cette absence de parallélisme entre les deux effets semble apporter une confirmation sérieuse aux théories (Callendar; Moureu et Dufraisse) qui attribuent, dans le mécanisme d'intervention des antidétonants, un rôle essentiel aux gouttelettes liquides des mélanges carbures hétérogènes.

Si l'on admet au contraire que l'action antidétonante s'exerce en milieu gazeux homogène, il faut ou bien considérer la très grande vitesse des compressions adiabatiques locales réalisées dans la détonation comme le facteur essentiel d'action de l'antidétonant sur l'inflammation, ou bien admettre que l'antidétonant agit sur une phase de la réaction postérieure à l'inflammation.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une extension d'un théorème de Stokes relatif aux figures d'équilibre.* Note [1] de M. **R. Wavre**, présentée par M. Hadamard.

Distinguons trois espèces de mouvement de rotation d'une planète sur elle-même : 1° la planète est en équilibre relatif, la vitesse angulaire est constante, $\omega = c$; 2° la vitesse angulaire ne dépend que de la distance à l'axe de rotation $\omega(l)$, ou, ce qui revient au même [2], les couches d'égale densité sont horizontales, c'est-à-dire normales au champ de la pesanteur ; 3° les mouvements dont M. Dive [3] a démontré la possibilité où les couches d'égale densité ne sont plus horizontales.

Ces distinctions faites, disons en passant que l'important théorème de M. Lichtenstein [4] sur l'existence d'un plan de symétrie perpendiculaire à l'axe de rotation s'étendrait aisément aux mouvements de seconde et de troisième espèce, et donnons l'extension aux mouvements de seconde espèce du théorème fondamental de Stokes : le potentiel newtonien créé par une

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 277.

(3) P. Dive, *Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, 44, avril 1927, p. 103.

(4) Lichtenstein, *Astronomie und Mathematik in ihrer Wechselwirkung*, p. 69, Leipzig 1923.

planète en équilibre relatif ne dépend à l'extérieur de l'astre que de la surface libre de la vitesse angulaire et de la masse totale.

En effet, il existe pour tout mouvement de seconde espèce un potentiel $Q(l)$ des accélérations et un potentiel $\Phi(\rho)$ de la pesanteur uniquement fonction de la densité ρ et les équations de l'hydrodynamique se résument en une seule où K est une constante et U le potentiel newtonien

$$\Phi = U + Q + K. \tag{1}$$

Ajoutons une fonction harmonique H au second membre de l'équation (1) et écrivons les deux équations équivalentes en vertu du théorème de Poisson

$$\Phi = U + Q + K + H, \tag{2}$$

$$\Delta\Phi = -4\pi\varepsilon\rho(\Phi) + \Delta Q. \tag{3}$$

Pour qu'une solution de (3) soit solution de (1), il suffit que sur S

$$\Phi = 0, \tag{4}$$

$$U + Q + K = 0. \tag{5}$$

Or on peut toujours supposer l'équation (4) satisfaite et l'équation (5) est nécessaire, car elle exprime que la surface S se conserve. Exprimons formellement le potentiel U en tirant ρ de l'équation (3) :

$$4\pi U = \iiint \frac{1}{r}\Delta Q\, d\tau - \iiint \frac{1}{r}\Delta\Phi\, d\tau \qquad (\mathrm{I, S, E}) \tag{6}$$

Les lettres qui suivent une formule désignent l'intérieur de la masse, la surface libre et l'extérieur et indiquent que la formule est valable dans chacune de ces régions. De la formule de Green on déduit l'équation suivante où la dérivée normale est prise vers l'intérieur :

$$\iint \frac{1}{r}\frac{d\Phi}{dn}\, dS = -\iiint \frac{1}{r}\Delta\Phi\, d\tau \qquad (\mathrm{S, E}). \tag{7}$$

et le potentiel peut s'écrire à l'extérieur et sur S

$$4\pi U = \iiint \frac{1}{r}\Delta Q\, d\tau + \iint \frac{1}{r}\frac{d\Phi}{dn}\, dS \qquad (\mathrm{S, E}). \tag{8}$$

Mais, sur S, le potentiel doit satisfaire à la relation (5), ce qui donne

$$\iint \frac{1}{r}\frac{d\Phi}{dn}\, dS = -4\pi(K + Q) - \iiint \frac{1}{r}\Delta Q\, d\tau \qquad (\mathrm{S, I}). \tag{9}$$

La dérivée normale est donc une charge répartie sur S et créant un potentiel donné. Cette charge est unique pour chaque valeur de K. Or, cette constante est déterminée par la masse totale M, car on déduit de (3)

$$(10) \qquad \iint \frac{d\Phi}{dn}\,dS = 4\pi\varepsilon M - \iiint \Delta Q\,d\tau.$$

De ces considérations, sommairement retracées, on déduit :

I. Les équations (9) et (10) déterminent entièrement sur S le coefficient de la pesanteur g qui n'est autre que la dérivée normale du potentiel Φ à partir des éléments S, $\omega(l)$, M :

$$g = \frac{d\Phi}{dn} = F[S, \omega(l), M].$$

II. Le potentiel à l'extérieur et la masse totale sont donnés par

$$4\pi U = \iiint \frac{1}{r}\Delta Q\,d\tau + \iint \frac{g}{r}\,dS, \qquad 4\pi\varepsilon M = \iiint \Delta Q\,d\tau + \iint g\,dS.$$

III. Le potentiel à l'extérieur est entièrement déterminé par la surface libre, la vitesse angulaire et la masse totale :

$$U = F[S, \omega(l) M].$$

IV. Dans le cas particulier de l'équilibre relatif la formule (10) se réduit à une relation fondamentale obtenue par Poincaré et la proposition III exprime le théorème de Stokes sous la forme classique.

V. Pour déterminer la répartition des densités à l'intérieur de l'astre à partir des éléments superficiels S, $\omega(l)$, g, il suffirait de résoudre l'équation (3), en déterminant les deux fonctions $\Phi(x, y, z)$ et $\rho(\Phi)$ et en se donnant sur S les conditions de Dirichlet et de Neumann $\Phi = 0$, $\frac{d\Phi}{dx} = g$; mais il est essentiel de remarquer que la fonction g dépend de S. Dans le cas de l'équilibre relatif, ΔQ est une constante, et l'on a l'équation

$$\Delta\Phi = F(\Phi)$$

à résoudre en F et Φ avec les conditions de Neumann et de Dirichlet.

Si le fluide satisfait à une équation caractéristique $\rho = f(p)$ connue, les fonctions $\rho(\Phi)$ et $F(\Phi)$ devront alors être considérées comme données à l'avance. Il existe donc un rapport étroit entre le problème des figures d'équilibre et ce problème analytique de Neumann-Dirichlet généralisé.

ASTRONOMIE. — *Les relations fondamentales de polygonométrie sphérique et les systèmes de Gauss et de Delambre de trigonométrie sphérique.* Note de M. **Thadée Banachiewicz**, présentée par M. H. Andoyer.

Dans une étude présentée, le 3 octobre 1927, à l'Académie polonaise des Sciences et des Lettres, nous avons montré que divers problèmes de l'Astronomie sphérique conduisent à la considération non de triangles, mais de polygones sphériques. Si l'on résolvait ces problèmes par la trigonométrie, c'est parce qu'on décomposait implicitement, et à tort, les polygones en triangles. Nous avons poursuivi ces recherches, et voici les résultats auxquels nous sommes parvenu.

Soient e_1, e_2, e_3, ..., e_{2n} les éléments consécutifs (angle-côté-angle-côté, etc. ou bien côté-angle-côté-angle, etc.) d'un polygone sphérique, arrangés dans l'ordre dans lequel ils se suivraient pour un mobile parcourant la périphérie du polygone. Par angles on comprend les angles extérieurs. Soient d_1, d_2, d_3, ..., d_{2n} les moitiés de ces éléments, de sorte que $e_i = 2d_i$. Désignons par I une matrice-cracovien (matrice assujettie à la loi de multiplication colonnes par colonnes, pour rendre plus faciles les calculs effectifs) quelconque, par exemple unitaire, à un nombre convenable de lignes, et par $r(\alpha)$ et $r'(\alpha)$ certaines matrices-cracoviens, que nous définirons tout à l'heure.

Les relations fondamentales de la polygonométrie sphérique peuvent être présentées sous la forme

$$\mathrm{I}.r(\alpha_1).r'(\alpha_2).r(\alpha_3).r'(\alpha_4)\ldots r'(\alpha_{2n}) = \varepsilon.\mathrm{I}, \tag{1}$$

où l'on peut intervertir l'ordre des arguments en α_{2n}, α_{2n-1}, ..., α_2, α_1 et les permuter circulairement avant ou après l'interversion. On peut aussi faire passer un nombre quelconque d'opérateurs r et r' du premier membre de la relation du nouveau genre (1) au second membre, d'après des formules comme les suivantes :

$$(2)\quad \begin{cases} \mathrm{I}.r(\alpha_1).r'(\alpha_2).r(\alpha_3)\ldots r(\alpha_{2n-1}) = \varepsilon.\mathrm{I}.r'(-\alpha_{2n}), \\ \mathrm{I}.r(\alpha_1).r'(\alpha_2).r(\alpha_3)\ldots r'(\alpha_{2n-2}) = \varepsilon.\mathrm{I}.r'(-\alpha_{2n}).r(-\alpha_{2n-1}), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

On peut enfin échanger entre eux les opérateurs r et r'.

Nous allons considérer deux cas.

1° On peut poser $\alpha_i = e_i$, $\varepsilon = +1$, et

$$I = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}, \quad r(\alpha) = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{Bmatrix}, \quad r'(\alpha) = \begin{Bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}.$$

La relation du nouveau genre (1) donne alors neuf équations entre les éléments d'un polygone sphérique embrassant, comme cas particulier, les équations fondamentales, dites de Gauss, de la trigonométrie sphérique.

2° On peut poser $\alpha_i = d_i$, $\varepsilon = \pm 1$, et

$$I = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix},$$

$$r(\alpha) = \begin{Bmatrix} \cos\alpha & 0 & 0 & -\sin\alpha \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ \sin\alpha & 0 & 0 & \cos\alpha \end{Bmatrix}, \quad r'(\alpha) = \begin{Bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{Bmatrix}.$$

La relation du nouveau genre (1) nous donne alors les équations renfermant, comme cas particulier, pour un triangle sphérique, les équations fondamentales, dites de Delambre.

Dans la résolution numérique usuelle des polygones le signe de ε est arbitraire.

Pour résoudre un polygone sphérique par rapport à trois éléments consécutifs, par exemple α_1, α_2, α_3, on n'a qu'à faire passer tous les opérateurs r et r' dépendant des quantités connues, au second membre de (1), et l'on détermine numériquement ce second membre ; le reste du travail consiste en opérations bien connues. Il convient de remarquer qu'il suffit, dans le cas des formules de Delambre (généralisées), de prendre une seule colonne du produit, tandis que, dans le cas des formules de Gauss (généralisées), une colonne peut donner deux inconnues.

On remarquera une connexion intime entre deux systèmes fondamentaux de la trigonométrie sphérique, celui de Gauss et celui de Delambre, connexion qui est apparue dans le traitement, par les formules de nouveau genre, du problème fondamental de la polygonométrie.

Dans une partie de notre travail nous sommes éminemment redevable aux recherches antérieures d'Euler, de Gauss et de Monge.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Corpuscules et ondes* Ψ. Note (¹) de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans une Note récente (²), nous avons établi une liaison générale entre le mouvement des corpuscules de matière et de lumière et la propagation des ondes Ψ de la Mécanique ondulatoire. En conservant les mêmes notations, on peut étendre ces résultats. Il est d'abord facile de montrer que les équations de Lagrange dans la nouvelle Mécanique sont :

$$\frac{d}{ds}(M_0 c u_l) = \frac{1}{2} M_0 c u^i u^k \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^l} + c u^i \left(\frac{\partial P_i}{\partial x^l} - \frac{\partial P_l}{\partial x_i} \right) + c \frac{\partial M_0}{\partial x^l}. \tag{1}$$

On voit figurer au second membre, en plus de la force gravifique et de la force électromagnétique, une force d'un genre nouveau due à la variabilité de la masse propre. Dans les phénomènes de diffraction de la lumière, c'est cette force supplémentaire qui courbe la trajectoire des photons. Les partisans de la théorie de l'émission disaient que le bord d'un écran exerce une force sur le corpuscule de lumière ; c'est en somme une idée analogue que nous retrouvons ici.

Supposons le champ gravifique nul et considérons un nuage de corpuscules associés à une même onde Ψ. En multipliant (1) par $M_0 a^2$ et en tenant compte de l'équation de continuité, on trouve aisément :

$$\frac{\partial}{\partial x^k}[T_i^k + \Pi_i^k + S_i^k] = 0, \tag{2}$$

S_i^k est le tenseur des tensions électromagnétiques ; T_i^k et Π_i^k sont définis par les formules

$$\left\{ \begin{aligned} T_i^k &= \rho_0 M_0 u_i u^k, \\ \Pi_i^k &= g^{kl}\left[2 \frac{\partial a}{\partial x^i} \frac{\partial a}{\partial x^l} - g_{il}\left(g^{mn} \frac{\partial a}{\partial x^m} \frac{\partial a}{\partial x^n} - a \Box a \right) \right]. \end{aligned} \right. \tag{3}$$

Les T_i^k sont les composantes du tenseur énergie-quantité de mouvement des corpuscules ; les Π_i^k représentent, *en moyenne*, des tensions internes existant *autour des corpuscules*. Donc, quand a n'est pas constant, tout se passe comme si une partie de l'énergie des corpuscules se transformait en

(¹) Séance du 14 novembre 1927.

(²) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 380. Voir aussi L. Rosenfeld, *Ac. Belge*, **13**, 1926, p. 573.

tensions internes répandues dans l'espace environnant. Ceci nous montre que le corpuscule n'est pas un point isolé, mais le centre d'un phénomène étendu; la description dualiste par corpuscules et ondes Ψ donne un schéma clair et commode mais qui n'atteint pas la réalité profonde.

Jusqu'ici, la grandeur Ψ a été considérée comme un scalaire. Si on la considère, au contraire, comme un vecteur d'Univers dont chaque composante Ψ_i obéit à l'équation de propagation, on obtient aisément la généralisation des formules précédentes. Il nous semble que cette théorie généralisée pourrait conduire à adopter le point de vue suivant : la grandeur vectorielle Ψ *pour les photons* serait identique au quadrivecteur potentiel de la théorie électromagnétique comme cela est suggéré par le fait que l'on a pour les photons $\Box\Psi_i = 0$. Suivant cette vue, le champ électromagnétique serait formé de photons; selon les cas, ces photons seraient immobiles ou en mouvement et leur énergie se trouverait plus ou moins complètement emmagasinée sous forme de tensions internes.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Prévision de dilatabilité de l'invar en pièces obtenues par transformation à chaud ou à froid.* Note [1] de M. **J. F. Saffy**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que l'écrouissage, ainsi que le refroidissement par immersion dans l'eau à partir du rouge, diminuent la dilatabilité des ferronickels réversibles du groupe Fe^2Ni; M. Ch.-Éd. Guillaume, qui a découvert ce phénomène, en a tiré parti pour améliorer la qualité de l'invar; il obtient par ce moyen un alliage pratiquement indilatable, alors que le coefficient vrai de l'invar à l'état recuit (soit chauffé à 850° environ et refroidi très lentement) est toujours supérieur à 1.10^{-6}. En ce qui concerne l'écrouissage, en particulier, ses formules permettent de calculer la dilatabilité d'une tige écrouie par tréfilage [2], connaissant la dilatabilité de la coulée à l'état recuit et le taux de l'écrouissage, caractérisé par le coefficient d'allongement A pour 100 à la filière.

Les pièces d'invar forgé, dont le travail est habituellement achevé à la température du rouge sombre, possèdent un écrouissage marqué, qu'on ne

---

(1) Séance du 14 novembre 1927.

(2) Ch.-Éd. Guillaume, *Recherches métrologiques sur les aciers au nickel* (*Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, **17**, 1927, p. 183).

détruit habituellement pas par recuit : cet écrouissage offre en effet le double avantage de relever la limite d'élasticité du métal et d'abaisser sa dilatabilité.

Il est important de pouvoir évaluer cette diminution de dilatabilité, car la forme des pièces ne se prête généralement pas à une mesure dilatométrique directe. Or j'ai vérifié que l'on peut prévoir la dilatabilité α_e d'une pièce écrouie par travail à chaud à partir de la dilatabilité α_r et de la dureté Brinell Δ_r, exprimée en kg/mm², de l'alliage à l'état recuit.

En effet, la vitesse de refroidissement des pièces travaillées à chaud est toujours très faible par rapport à celle correspondant à l'immersion dans l'eau à partir du rouge. La variation de dilatabilité $\alpha_e - \alpha_r$ cherchée provient donc en quasi-totalité de l'écrouissage, dont l'importance peut être caractérisée par la dureté Δ_e [1]. M. Guillaume ayant déterminé, dans les tiges étirées à froid, la fonction

$$\alpha_e - \alpha_r = f(\mathrm{A}\ \%),$$

j'ai cherché à déterminer dans les mêmes conditions, afin de la comparer à la précédente, la fonction

$$\Delta_e - \Delta_r = \varphi(\mathrm{A}\ \%).$$

J'ai constaté que, pour des valeurs convenables des échelles d'ordonnées, les courbes représentatives des fonctions φ et $-f$ étaient pratiquement superposables.

On a, en effet, d'après M. Guillaume

(I)

A % =	0	19	40	60	78	112
$f(\mathrm{A}\ \%) = (\alpha_e - \alpha_r)\,10^6 =$	0	−0,588	−0,930	−1,265	−1,578	−1,630 [2],

et d'après mes propres expériences

(II)

A % =	0	30	54	90	134	237
$\varphi(\mathrm{A}\ \%) = (\Delta_e - \Delta_r) =$	0	42	66	84	90	96 ....

En prenant la même échelle pour $\alpha_e - \alpha_r = -1.10^6$ d'une part et $\Delta_e - \Delta_r = 55$ kg/mm² d'autre part, les courbes φ et $-f$ sont presque identiques, et l'on a la relation, valable pour les températures voisines de 20° :

$$\text{(III)} \qquad \alpha_e - \alpha_r = -\frac{\Delta_e - \Delta_r}{55} \cdot 10^6.$$

---

(1) La dureté Brinell Δ et la ténacité R (kg/mm²) de l'invar sont liées par la relation $\Delta = 3\mathrm{R}$; à l'état recuit, R varie de 45 à 48 kg/mm², suivant coulées.

(2) *Loc. cit.*, p. 184 $(\alpha_e - \alpha_r).10^6 = -1,630$ est quasi-asymptote de la courbe f.

Il m'a semblé rationnel d'admettre l'entière généralité de cette relation, c'est-à-dire de poser : l'accroissement de dureté, conféré par l'étirage *à froid* de l'invar, qui se trouve, d'après (I) et (II), être corrélatif d'une diminution *proportionnelle* de la dilatabilité, produit, en toutes circonstances (que cet accroissement soit acquis par transformation *à chaud ou à froid*) et suivant la même loi (III), le même effet sur la dilatabilité de l'invar [1].

Pour donner une idée des ordres de grandeur usuels, on peut citer comme exemple : $\alpha_r = 1,40.10^6$; $\Delta_r = 138$ kg/mm² ; si l'on écrouit par travail à chaud une pièce à la dureté moyenne $\Delta_r = 180$ kg/mm², la dilatabilité de la pièce est approximativement :

$$\alpha_e = 1,40\left(\frac{-180-138}{55}\right)10^{-6} = 0,69.10^{-6}.$$

Comme il est facile de mesurer en un grand nombre de points la dureté Brinell d'une pièce forgée, la relation indiquée permet d'en calculer la dilatabilité moyenne avec une précision généralement suffisante pour les besoins de la pratique.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la théorie de l'électrostriction.* Note de M. C. **Raveau**.

I. M. Rocart [2] annonce une formule thermodynamique importante, généralisant la théorie de MM. Bruhat et Pauthenier [3], permettant le calcul numérique *a priori* des variations d'indice de réfraction dans l'électrostriction adiabatique et comportant des conséquences relatives à la valeur du rapport des retards absolus dans le phénomène de Kerr et à la théorie de la diffusion de la lumière. Calculant le rapport des variations Δn_q adiabatique et Δn_t isotherme de l'indice de réfraction causées, à p constant, par l'établissement d'un même champ E, il trouve (ε étant la constante diélec-

---

(1) M. Guillaume a d'ailleurs vérifié expérimentalement, sans relier le fait à l'accroissement de dureté, qu'une tige brute de forge est moins dilatable que la même tige recuite.

(2) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 283, et *Journal de Physique*, 6e série, **8**, 1927, p. 385.

(3) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1257, et *Journal de Physique*, 6e série, 6, 1925, p. 1.

trique) [1],

$$(\mathrm{R})\quad \frac{\Delta n_q}{\Delta n_t}=\frac{1}{\gamma}\left[1+(\gamma-1)\left(1+\frac{\beta t}{\alpha}\frac{\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}\right)_p}{\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}\right)_t}\right)\right]\left[1+(\gamma-1)\left(1+\frac{\beta t}{\alpha}\frac{\left(\frac{\partial n}{\partial t}\right)_p}{\left(\frac{\partial n}{\partial p}\right)_t}\right)\right]$$

qu'il aurait pu, puisque $dQ = C\,dt + (C-c)\left(\frac{\partial t}{\partial p}\right)_v dp$, condenser sous la forme significative

$$(\mathrm{A})\qquad \frac{\Delta n_q}{\Delta n_t}=\frac{1}{\gamma}\frac{c_\varepsilon}{c}\frac{c_n}{c}=\frac{c_\varepsilon}{C}\frac{c_n}{c}.$$

Cette relation est inacceptable : 1° le premier membre est indépendant de la fonction $\varepsilon(p, t, E)$ qui figure dans le second; 2° il est pris à p constant, tandis que les trois c sont à pression variable.

II. La formule exacte est évidente. Il suffit d'écrire les relations linéaires qui en général existent, à p constant, entre dt, dE; dQ, dn sous la forme

$$(dt = a\,dE + b\,dn)_p,\qquad (dQ = c\,dE + d\,dn)_p,$$

d'où, pour les Δn,

$$(\mathrm{B})\qquad \frac{\Delta n_q}{\Delta n_t}=\left(\frac{c_n}{c_E}\right)_p.$$

Si l'on établit le champ E en faisant varier t de dt tel que $\frac{dn}{dt}dt + \Delta n_t$ soit nul, $c_n dt$ est la somme de : 1° $C\,dt$; 2° ΔQ_t, chaleur d'établissement du champ, qui, par une équation du type de Clapeyron, est proportionnel à $\frac{d\varepsilon}{dt}$, en même temps qu'à E^2.

III. Examinons le rôle de la Thermodynamique.

1° On considère, plus ou moins explicitement, un cycle réversible entièrement adiabatique. Ce caractère est celui d'un cycle quelconque alimenté, au moyen d'une machine auxiliaire, par une seule source, lorsque, devenant réversible, il cesse de déverser de la chaleur sur cette source même. Admettre l'existence d'un cycle réversible adiabatique, c'est donc *admettre le second principe*, en ce qui concerne la réversibilité. Il ne reste plus qu'à écrire que le travail est nul, c'est-à-dire que la différentielle

$$p\,dV - \frac{v_0}{4\pi}E\,dB$$

---

(1) J'écris en indice q, t pour marquer que S, T ne jouent ici aucun rôle. C'est bien inutilement que M. Rocard a fait, en introduisant l'entropie, des calculs encore infiniment plus longs que ceux qu'il a publiés.

est intégrable. Mais il est plus commode de considérer l'expression complémentaire

$$V\,dp - \frac{v_0}{4\pi}\,B\,dE$$

et l'on est ramené au point où MM. Bruhat et Pauthenier ont été conduits par l'emploi de la fonction $U + pv - \frac{v_0}{4\pi}BE$.

Ici, c'est en annulant dQ dans la variation de la fonction caractéristique qu'on applique le principe de Carnot. Ni T ni J ne subsistent dans la relation obtenue.

2° Partant de la première équation (7) de ces auteurs, équation thermodynamique, on déduirait, en faisant deux remarques analogues à celles du paragraphe II, l'expression, différente en apparence de (B),

(C) $$\left(\frac{c_\varepsilon}{c_p}\right)_E \cdot \left(\frac{c_n}{c_v}\right)_p.$$

3° Il faut donc que $c_{v,p} = c_{\varepsilon,E}$ (ou $c_{B,E}$). C'est ce que montre une seconde application du second principe, dont le résultat est de *faire disparaître ce qu'il y avait de thermodynamique* dans les formules de MM. Bruhat et Pauthenier, pour revenir à l'identité (B).

Soit un cycle réversible triangulaire : 1° isotherme; 2° à p, v constants, la dilatation thermique étant compensée par l'électrostriction; 3° à B, E constants. Sur le plan des $p\,v$ le côté 2° se réduit à un point, le travail mécanique est donc nul; il en est de même du travail électrique, de la chaleur mise en jeu le long du 1°, qui, par analogie avec les deux autres, est à la fois adiabatique et isotherme. Enfin la chaleur totale dégagée en 2° et 3° est nulle. C. Q. F. D.

Remarque. — Les capacités mécanique (compressibilité) et électrique sont évidemment égales suivant 3°-1° et 1°-2°.

IV. Nous voyons par quelle voie bien indirecte M. Rocard aurait pu obtenir la relation (B), après (C), s'il avait réellement utilisé les expressions de MM. Bruhat et Pauthenier et n'avait pas écrit $\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial\theta}\right)_S$, $\left(\frac{\partial n}{\partial\theta}\right)_S$ au lieu de $\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial\theta_p}\right)_{E.S}$ et $\left(\frac{\partial n}{\partial\theta}\right)_{p.S}$. Cette *suppression d'indices* inférieurs, qu'il n'a pas signalée, lui a fourni naturellement au lieu de (C) l'expression (R) identique à (A) et totalement inexacte. La correction se ferait en imposant aux trois facteurs de la première expression (A) les indices E, E, p.

Seule subsiste, dans cette question, l'identité évidente (B).

V. Il est fort remarquable que certaines modifications réversibles satis-

fassent d'elles-mêmes au principe de Carnot. Je rappellerai à ce sujet que l'équation des cycles de Carnot peut être considérée comme une conséquence quasi évidente de la seule notion de réversibilité ([1]), sans aucun appel à une de ces impossibilités que l'on considère généralement comme constituant le principe. Ici on voit que le second principe se réduit à cette hypothèse : ce qui est vrai d'un système défini par 3 paramètres l'est aussi d'un couple de systèmes définis chacun par 2 paramètres (dont l'un est t).

OPTIQUE. — *Anneaux de superposition obtenus avec deux lames semi-argentées de Fabry et Perot.* Note de M. **G. Simon**, présentée par M. A. Cotton.

Avec le dispositif ordinaire des franges de superposition en lumière blanche ([2]) on n'observe de franges dans le plan focal de l'objectif de la lunette, que si les lames sont légèrement inclinées l'une sur l'autre : ces franges sont rectilignes.

Si les deux lames sont parallèles, on n'obtient au plan focal qu'une teinte plate qui est le blanc, si les épaisseurs sont égales; en effet, quel que soit l'angle d'incidence, la différence de marche produite par les deux lames est la même. Pour produire une différence de marche variable suivant le point du champ observé, il faut changer l'incidence sur l'une des lames; pour cela, il suffit d'intercaler entre les deux lames une lentille centrée sur l'axe des deux appareils.

La source est un petit trou T ($d = 1^{\text{mm}}$) éclairé par un arc électrique et placé au foyer d'une lentille L_1 de 1^{m} de distance focale. L'axe du collimateur TL_1 est normal aux lames. Les faisceaux parallèles sortant du collimateur tombent sur la première lame, puis sur une lentille L_2 qui les fait converger en son plan focal, au voisinage duquel on place la deuxième lame.

Si les deux lames sont d'égale épaisseur e, la différence de marche est donnée, en fonction de l'incidence i, par la formule $\Delta = ei^2$, on observe

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1337.

([2]) Perot et Fabry, *Ann. de Chimie et de Physique*, 2, 1897, p. 482, et 16, 1899, p. 322.

alors des anneaux colorés à centre blanc et dont les diamètres suivent la loi des anneaux de Newton.

Si la différence d'épaisseur $e - e'$ des deux lames est 2 à 3$^{\mu}$, les anneaux ne sont pas visibles; si l'on augmente alors progressivement l'épaisseur e', on voit apparaître dans le champ des anneaux pâles; ceux-ci s'épanouissent en même temps qu'apparaissent au centre des anneaux plus nets et de couleurs plus vives; pour $e = e'$, le centre est blanc.

Si e' dépasse e, le centre devient noir; les anneaux, continuant à s'épanouir, s'éloignent du centre, donnent des franges circulaires de plus en plus serrées et de diamètre de plus en plus grand. La frange blanche correspond à l'incidence $i = \sqrt{\frac{2(e'-e)}{e'}}$ de sorte qu'on peut déterminer $e' - e$ en mesurant le diamètre de la frange blanche. Les phénomènes sont les mêmes si e' est double, triple, etc. de e, comme pour toutes les franges de superposition.

Cette méthode permet donc de réaliser des épaisseurs égales ou multiples l'une de l'autre sur des interféromètres alignés; pratiquement, on peut obtenir sans difficulté le multiple 10 d'une épaisseur donnée.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Le télescope aplanétique et ses adaptations.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les grands télescopes modernes du type dit *newtonien*, à miroir parabolique, sont disposés pour recevoir, en outre, des miroirs amplificateurs, à la manière des télescopes de Gregory ou de Cassegrain.

Ces miroirs amplificateurs doivent être, alors, de section méridienne elliptique ou hyperbolique, selon le cas, de manière à conserver le stigmatisme sur l'axe déjà obtenu par le miroir principal.

Si l'on a construit un télescope à deux miroirs, du type *aplanétique*, de longueur focale résultante, F_0, relativement courte, on peut se proposer, de même, d'y remplacer le second miroir par un autre, de pouvoir amplificateur plus fort, de manière à porter la longueur focale à une valeur notablement plus grande $F = mF_0$.

Or on a précisément objecté au télescope aplanétique de ne pas permettre cette adaptation. *A priori* pourtant, il n'y a aucune raison pour qu'une combinaison optique, initialement bien supérieure à une autre au point de vue des aberrations, lui devienne *subitement* inférieure à la moindre modifi-

cation d'un de ses éléments. En fait, on a toujours, évidemment, la possibilité, au moins théorique, de conserver la correction de l'aberration sur l'axe, et l'on n'a jamais rien demandé de plus au télescope newtonien.

Seul le calcul peut préciser la situation et indiquer entre quelles limites l'adaptation reste praticable. Par suite du caractère d'actualité que la construction récente du premier télescope aplanétique a donné à cette question, je rapporte ici les résultats, extrêmement simples, que j'avais obtenus avant la guerre.

L'étendue *radiale* de la coma est donnée, en valeur angulaire, par la formule générale

$$\partial\theta = \frac{3}{2} S . \Omega^2 . \theta;$$

ici, θ désigne la distance angulaire de l'astre à l'axe optique; $\Omega = \frac{D}{F}$ mesure le rapport d'ouverture de l'instrument; S le *coefficient de coma*, caractéristique de la combinaison.

Pour un miroir parabolique, on a $S = +\frac{1}{2}$ (le signe + signifie que la pointe de l'aigrette est dirigée vers le centre du champ) *et cette même valeur de* S *subsiste pour toutes ses adaptations*, soit en Gregory (amplification *négative*, c'est-à-dire avec redressement de l'image), soit en Cassegrain (amplification positive).

Avec le télescope aplanétique, on part de $S = 0$. On remplace maintenant le petit miroir par un autre dont la forme (représentée, dans la Dioptrique du troisième ordre, par la *déformation* de Schwarzschild) est complètement déterminée par la nécessité de conserver la correction de l'aberration sphérique de l'ensemble. Que devient alors le coefficient de coma S ?

Désignons par h le *coefficient d'obturation* du petit miroir, c'est-à-dire le rapport $\frac{D'}{D}$ de son diamètre D' à celui du grand miroir, le petit miroir étant limité à ce qui est *strictement nécessaire* pour recueillir tout le faisceau axial. On a

$$h = 1 - \frac{e}{f},$$

e désignant la distance qui sépare les miroirs et f la longueur focale du premier (d'ailleurs, la pratique a montré à M. Ritchey que c'est effectivement à ce diamètre D' qu'il convient de s'en tenir, malgré l'étendue du champ, à cause des trop grandes difficultés de polissage de la zone extérieure du petit miroir, inaccessible aux contrôles sur l'axe).

Réservons l'indice zéro aux lettres qui se rapportent à la combinaison aplanétique initiale. Nous trouverons, tous calculs faits,

$$S = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{h_0}{1-h_0}\cdot\frac{1-h}{h}\right),$$

en désignant par $m = \frac{F}{F_0}$ le rapport d'amplification de l'adaptation.

Faisons quelques applications de cette formule.

I. *Peut-on conserver l'aplanétisme?* — Si l'on écrit $S = 0$, on obtient :

$$h = \frac{m^2 h_0}{1 + (m^2 - 1) h_0}.$$

Nous devons supposer $|m| > 1$, car c'est évidemment la combinaison la plus courte qui sera rendue aplanétique; h est alors plus grand que h_0 et l'on arrive rapidement à des coefficients d'obturation inacceptables en pratique.

II. *On conserve la position de l'image finale.* — Ceci se traduit par la formule

$$h = h_0 \frac{f - F_0}{f - F},$$

et l'on obtient :

$$S = \frac{1}{2}(m-1)\left(\frac{1}{\frac{e_0}{F_0} - (1-h_0)} - \frac{m+1}{m^2}\right).$$

III. *On change le petit miroir sur place.* — Alors, $h = h_0$, d'où :

$$S = -\frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{m^2}\right).$$

La coma est négative (pointe dirigée vers l'extérieur). *Elle est toujours moindre, en valeur absolue, que celle du miroir parabolique et de ses adaptations.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les matières colorantes virant en présence de sels neutres, et la constitution d'une échelle d'indicateurs à indices de massivité variables permettant la comparaison des solutions salines.* Note [1] de MM. **Fred Vlès**, **Paul Reiss** et Mlle **Madeleine Gex**.

Dans des Notes précédentes [2], nous avons vu que certaines matières colorantes sont susceptibles de présenter des changements de couleur dans les

(1) Séance du 26 septembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 644 et 946.

solutions aqueuses de sels neutres concentrés, que cette propriété est caractérisée par un *indice de massivité* spécifique du colorant, et que l'examen de cette variable pourrait nous permettre de comparer différents sels en solution. Pour utiliser ces principes dans une exploration rapide des solutions salines nous avons essayé de constituer une échelle d'indicateurs ayant des indices de massivité différents. Nous avons à cet effet examiné systématiquement un grand nombre de matières colorantes (environ 80) appartenant à des familles très diverses, afin d'y rechercher des propriétés analogues à celles décrites pour la sulfonecyanine; un premier triage a consisté à comparer les matières colorantes dans l'eau et dans KCl saturé, et à choisir celles présentant les virages de plus grande netteté; en seconde approximation, celles-ci ont été étudiées au moyen d'une technique analogue à celle de Sörensen pour le pH (séries de tubes contenant des solutions de KCl de concentrations échelonnées, 10^{cm^3} par tube, quantité constante de colorant, pH compris entre 6 et 7); et le demi-virage (*indice de massivité* dans KCl, pM_0) a été déterminé au comparateur Walpole, par superposition des termes extrêmes de l'échelle. Enfin, en troisième approximation, un certain nombre de ces colorants ont été étudiés au spectrophotomètre. Pour chaque indicateur on a examiné en outre s'il est indicateur de pH ou de rH, et éventuellement dans quelles limites l'influence de ces variables est négligeable sur le virage de massivité.

Nous donnons ci-contre un tableau de quelques-uns de ces indicateurs gardés en dernière approximation, avec leurs propriétés dans KCl.

En outre de KCl, on a étudié par la même méthode LiCl, NaCl, $BaCl^2$, $CdCl^2$ $SrCl^2$, CH^3COOK, NH^4Cl, SO^4K^2, $HgCy^2$. Pour chaque indicateur on a déterminé dans les différents sels, au moyen de concentrations échelonnées, le demi-virage, soit par superposition des extrémités de la série, soit mieux par comparaison avec un tube de KCl lui-même au demi-virage. Avec certains sels la sensibilité est extrême, puisqu'il suffit de près de 1/10000 N de $BaCl^2$ ou $SrCl^2$ pour modifier visiblement la sulfonecyanine. D'une façon générale, pour les sels neutres les plus dissociés examinés jusqu'ici, les virages d'un indicateur semblent grossièrement s'éloigner vers les faibles concentrations quand le poids atomique du cation, à anion égal, croît [chlorures, de LiCl à $BaCl^2$ (1)] et peut-être à cation égal, quand le poids de l'anion croît (sels de K).

---

(1) $HgCl^2$ engage une modification de pH.

Indicateurs de massivité dans KCl.

Nos.	Indicateurs.	Conc. de la solut. (pour 100).	Cm³ de sol. pour 10cm³ K Cl.	Indice de massivité pM_0 (demi-virage).	Couleurs bas pK Cl.	Couleurs forts pK Cl.	Limites de pH d'utilisation.	Signe de la copule colorée ([1]).	([2]).
1.	Sulfonecyanine 5R.....	0,05	0,8	1,42	rose	violet	5,5-12	—	SO
2.	Alizarine-cyanine WRS.	0,05	1,0	0,8	violet mauve	rose	5,5-9,5	—	
3.	Violet chloramine.....	0,05	0,6-1,0	0,7	rose	violet	2-12	—	O
4.	Benzocyanine 3B......	0,2	0,4	0,4	violet mauve	bleu	3-12	—	
5.	Violet d'anthracyanine.	0,1	0,4-0,8	0,35	rose	violet	5,9	—	MO
6.	Vert d'anthracyanine..	0,1	1,0	0,1	vert jaunâtre	bleu	1-9	—	M
7.	Bordeaux 6BL........	0,025	1,4	0,23	violet mauve	rose	2-10	—	SO
8.	Ponceau RR..........	0,05	1,0	—0,05	rouge carmin (P)	rouge orangé	1,5-10	—	P
9.	Ponceau 4GB.........	0,04	1,0	—0,3	orangé trouble	jaune orangé limpide	1-10	—	P
10.	Bleu de Nil (sulfate)...	0,04	1,0	0,6	violet gris (virage lent)	bleu vert	1,5-9	+	
11.	Bleu de toluidine......	0,05	0,45	0,29	violet gris	bleu vert	1-11	+	S
12.	Violet crésyle.........	0,05	1,0	0,15	incolore	violet	1,5-9	+	

Mais dans les divers sels les indicateurs de nature différente n'échelonnent pas forcément leurs virages avec une sériation identique : on est conduit à former des groupes d'indicateurs dont les indications sont cohérentes entre elles, les différents groupes ne se raccordant pas; le groupement paraît en relation avec certaines caractéristiques de la constitution des indicateurs (copule colorée anion, cation, etc.). En particulier, si l'on exprime la massivité $p\mu$ des sels relativement à un indicateur donné, par la différence $p\mu = pM_0 - pX_{\frac{1}{2}}$ ($pX_{\frac{1}{2}}$ étant le logarithme négatif de la concentration du sel au demi-virage du colorant, et pM_0 celui de KCl pour le même colorant), les valeurs obtenues ne sont du même ordre que dans l'intérieur d'un groupe (dans le tableau précédent les nos 1 à 9 constituent un groupe; les nos 10-12 sont prélevés dans l'autre groupe).

A l'examen spectrophotométrique, les divers indicateurs (sauf ceux à virage dit de précipitation, dans lequel le phénomène objectif est différent) présentent dans KCl en fonction de la concentration la même loi d'absor-

---

([1]) D'après les formules des Tables de Rowes, *Colour Index*, Bradford, 1924.

([2]) Particularités : S = constantes spectrophotométriques; P = virage de précipitation; M = mélange des matières colorantes; O = indicateur à virage particulièrement net.

ption que la sulfonecyanine : $pX = pM + a' \log \frac{\varphi k'_2 - k_2}{k_1 - \varphi k'_1}$, le facteur a' s'écartant de l'unité dans certaines matières colorantes (Bordeaux 6 BL $a' = 0,35$; violet de crésyle $a' = 0,46$), qui semble visiblement caractérisées par l'état grossier de leur dispersion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence d'une addition de chrome sur le frottement interne des ferronickels réversibles.* Note [1] de M. **Pierre Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les ferronickels réversibles du groupe de l'invar, dont la transformation magnétique s'accompagne d'importantes anomalies de dilatation et d'élasticité, possèdent également une anomalie du frottement interne. J'ai exposé dans une Note précédente [2] les caractères de cette anomalie, et montré qu'elle s'apparente étroitement aux deux autres par l'allure de ses variations avec la température et avec la teneur en nickel. Il m'a paru intéressant de vérifier qu'elle n'est pas moins sensible à l'influence des additions capables de former des solutions solides avec les ferronickels ; dans ce but, j'ai étudié le rôle du chrome, dont j'ai déjà évalué l'action diluante particulièrement efficace sur les anomalies de dilatation et d'élasticité [3].

Les alliages d'essais ne sont autres que les ferronickels chromés à 5, 10 et 15 pour 100 Cr, précédemment utilisés pour l'étude de ces dernières anomalies. Le frottement interne est mesuré par la méthode du pendule de torsion et caractérisé par le décrément ; tous les fils-échantillons sont préalablement amenés à des états comparables par un recuit approprié à leur composition.

Le diagramme en perspective qui traduit les principaux résultats de cette étude représente, en fonction de la composition, le décrément δ_0 à 0° des ferronickels chromés et la température θ_f pour laquelle le décrément atteint la valeur 0,005. Dans le triangle Fe-Ni-Cr, le domaine des ferronickels ternaires réversibles qu'on peut observer au-dessus de 0° est borné, vers la

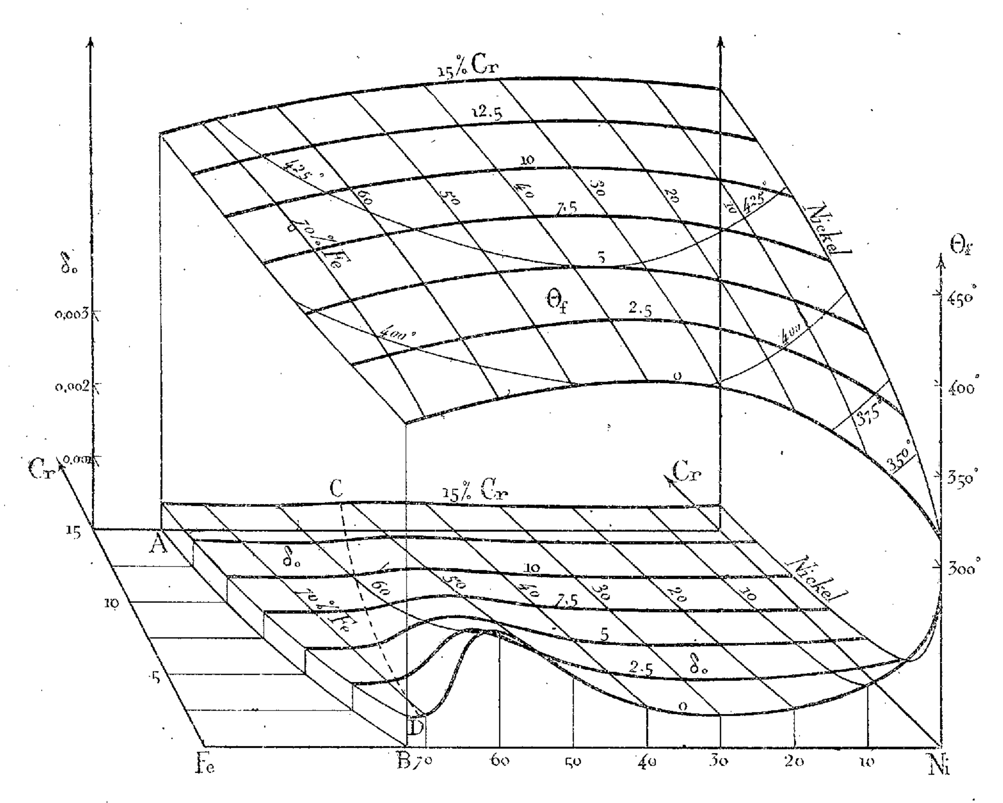
---

[1] Séance du 14 novembre 1927.

[2] P. Chevenard, *Anomalie du frottement interne des ferronickels réversibles* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 378).

[3] P. Chevenard, *Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome* (*Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, 17, 1927, p. 126).

gauche, par la ligne AB, lieu des points figuratifs des alliages dont la transformation allotropique au refroidissement débute à 0°. La surface δ_0 est figurée par les sections d'égale teneur en chrome et d'égale teneur en fer, et la surface θ_f, par les sections analogues et par les isothermes. La ligne pointillée CD tracée sur la nappe δ_0 correspond aux alliages dont le point de Curie est à 0°.



1° L'anomalie de frottement interne est révélée par un plissement de la surface δ_0, la ligne CD jalonnant les points de plus forte courbure des sections d'égale teneur en chrome. En examinant ces dernières courbes dans l'ordre des teneurs en chrome croissantes, on voit l'anomalie s'atténuer d'une façon progressive mais rapide, au point de disparaître sensiblement au delà de 15 pour 100 Cr; on voit aussi l'abscisse du maximum se déplacer légèrement vers la droite. Les mêmes particularités ont été notées dans les diagrammes de la dilatabilité et du coefficient thermo-élastique : l'action physicochimique du chrome sur l'anomalie du frottement interne des ferronickels est donc conforme aux prévisions.

2° En outre, le chrome exerce une action d'ordre banal importante, qui doit être rapprochée de son action durcissante à haute température (1). Incorporé dans un ferronickel, il abaisse la courbe décrément-température, dans son ensemble, et relève la température de sa rapide croissance; ce dernier résultat est démontré par l'allure ascendante de la nappe θ_f à mesure que la teneur en chrome s'élève.

En d'autres termes, le chrome étend le domaine de température où le frottement interne est relativement faible, c'est-à-dire où l'alliage est assimilable à un solide parfaitement élastique.

Depuis plusieurs années, les Aciéries d'Imphy tirent parti de cette propriété dans la fabrication d'alliages destinés à former des ressorts travaillant à cadence rapide et à température élevée. Pour la même raison, le chrome est choisi pour former la majeure partie des additions de *l'élinvar*, additions dont le rôle principal est de réduire l'anomalie thermo-élastique du ferronickel à 34 pour 100 Ni, au degré voulu pour réaliser l'invariabilité thermique du module.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la déshydratation des liquides hydro-alcooliques.* Note (2) de M. **Pierre Brun**, présentée par M. G. Urbain.

La question de la déshydratation rapide des mélanges de liquides organiques a été étudiée déjà par divers auteurs, et, en particulier, nous citerons les travaux de MM. Gay et Massol, qui ont préconisé à cet effet le carbonate de potasse et indiqué le mode opératoire à suivre et les précautions à observer (3).

Nous nous sommes proposé d'étudier l'application de cette méthode aux huiles de füsels, en assimilant, en première approximation, ces huiles à des mélanges d'eau, d'alcool éthylique et d'alcool iso-amylique (principe constituant de ces huiles). Notre travail à été simplifié grâce à nos études antérieures de ces derniers mélanges (4). Nous avons donc préparé une série de mélanges d'alcool éthylique et d'alcool iso-amylique anhydres que nous

(1) P. Chevenard, *Alliages de nickel conservant leur rigidité dans un domaine étendu de température* (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 486).

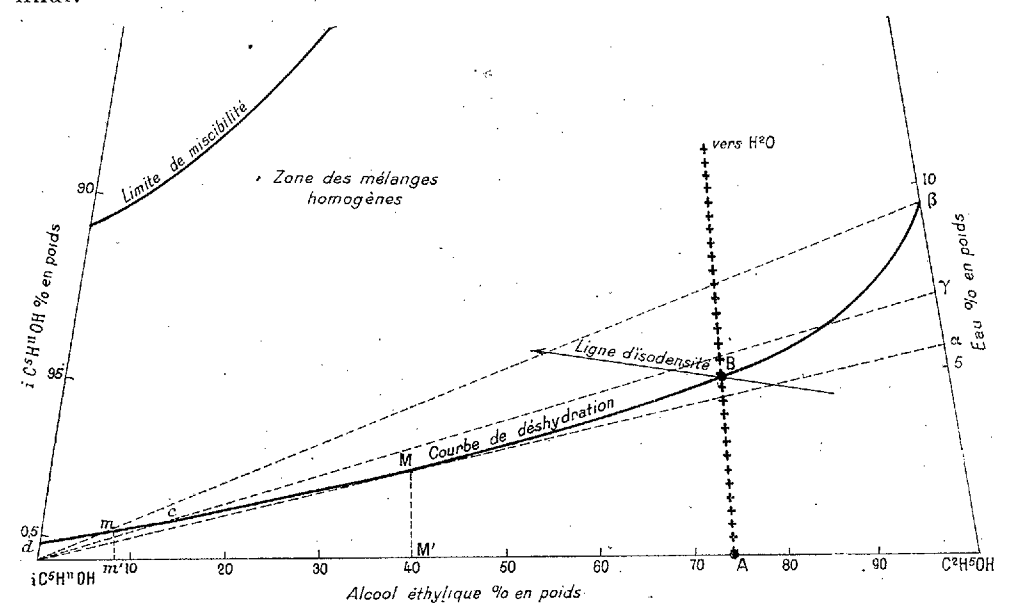
(2) Séance du 31 octobre 1927.

(3) Gay et Massol, *Déshydratation des mélanges d'eau-alcool-essence* (*C. R. du IVe Congrès de Chimie industrielle*, 1925, p. 221).

(4) P. Brun, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1221.

avons laissés en contact de solutions saturées de carbonate de potasse, dans un thermostat à 20°. Nous avons séparé ensuite la couche supérieure et nous avons pris sa densité D.

Pour la commodité de la représentation, nous avons adopté non le triangle équilatéral, mais le triangle isoscèle, et un triangle tel que le point représentatif de l'eau soit rejeté loin de la base $C^2 H^5 OH$-$iC^5 H^{11} OH$. Soit A le point figuratif de la composition du mélange initial anhydre : l'intersection B de la droite A-H^2O, avec la courbe d'isodensité D (courbe établie par nos études antérieures) nous donne graphiquement la composition du mélange final.



Nos graphiques étant construits à une échelle suffisante, les proportions de chaque constituant ont pu être déterminés ainsi à 0,2 pour 100 près. D'autre part nous pouvons considérer nos mélanges comme obtenus par l'addition d'alcool iso-amylique anhydre à de l'alcool éthylique hydraté. Soit C le point représentatif d'un tel mélange, le titre de l'alcool hydraté correspondant sera donné par l'intersection γ de la droite $iC^5 H^{11} OH$-C, prolongée, avec le côté $H^2 O$-$C^5 H^{11} OH$. Notre graphique nous montre ainsi que le maximum de déshydratation de l'alcool correspond à un mélange M dérivant d'un mélange initial M', pour lequel la teneur

$$\frac{\text{alcool iso-amylique}}{\text{alc. iso-amyl.} + \text{alc. éthyl.}} = 60 \text{ pour } 100.$$

Inversement, au point β, maximum d'hydratation de l'alcool éthylique correspond un mélange m, dérivant d'un mélange binaire m', pour lequel le rapport $\frac{\text{alcool iso-amylique}}{\text{alc. iso-amyl.} + \text{alc. éthyl.}} = 92$ pour 100.

La conclusion que nous pouvons tirer de cette étude est que, pour les mélanges qui renferment moins de 92 pour 100 d'alcool iso-amylique, on a intérêt à les traiter par le carbonate de potasse après mélange de l'alcool éthylique initial avec l'alcool iso-amylique; au contraire pour les mélanges qui renferment plus de 92 pour 100 d'alcool iso-amylique, il y a intérêt à déshydrater l'alcool éthylique seul par le carbonate (ce qui donne la composition correspondant au point β) puis, après élimination de la couche saline, d'ajouter à cet alcool partiellement déshydraté de l'alcool iso-amylique pur (facile à obtenir à partir de l'alcool iso-amylique du commerce, par simple rectification). Alors le point représentatif du mélange obtenu est sur la portion de droite $m - i\text{C}^5\text{H}^{11}\text{OH}$, au lieu d'être situé sur la portion de courbe $m\beta$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La suppression des tensions dans les pièces en fonte mécanique*. Note de M. **Auguste Le Thomas**, présentée par M. Léon Guillet.

L'existence des tensions internes dans les pièces en fonte est un mal très grave, encore qu'il soit le plus souvent impossible de le mettre en évidence. L'action de ces tensions s'ajoute à la fatigue normale due aux forces qui sollicitent la pièce dans son emploi, et les exemples ne sont pas rares de ruptures, en apparence spontanées, qui doivent leur être attribuées. Dans d'autres cas, la pièce se déforme lorsqu'on vient à la chauffer, par modification du champ des tensions : il en est ainsi des stators de turbines, dont le jeu avec le rotor peut être dangereusement diminué. On recommande, pour éviter ces tensions, de donner aux pièces moulées des formes telles que l'épaisseur en soit sensiblement constante, afin d'assurer l'homogénéité du refroidissement, et de faire en sorte que le jeu des contractions, compliqué d'ailleurs par les singularités de dilatation, puisse s'effectuer aisément dans le moule lors du refroidissement consécutif à la coulée.

Il est cependant certains cas où la réalisation de semblables précautions se heurte à des difficultés, sinon même des impossibilités, tenant à la nature de la pièce; j'ai recherché si des tensions pouvaient être éliminées d'une

pièce de fonte qu'elles affectaient, moyennant l'exécution d'un traitement convenable de stabilisation.

L'éprouvette dont j'ai fait choix pour effectuer cette étude est une couronne excentrée dont le diamètre extérieur est de 60^{mm}; le diamètre intérieur de 40^{mm}, les centres étant décalés de 6^{mm}; l'éprouvette a 20^{mm} de hauteur; d'autre part, pour aggraver les tensions, la partie mince a été coulée au voisinage d'un refroidisseur; plusieurs éprouvettes sont obtenues concentriquement et simultanément dans le même moule afin de réaliser une parfaite homogénéité de métal dans une même série d'essais.

La fonte avait la composition normale suivante : carbone total, 3,38 pour 100; carbone combiné, 0,73; silicium, 1,74; manganèse, 0,83; soufre, 0,10; phosphore, 0,25.

Après coulée, les éprouvettes sont démoulées et rectifiées extérieurement suivant deux plans, parallèles au plan de symétrie transversal, et équidistants de celui-ci; on mesure l'écartement des deux plans ainsi réalisés. Puis la partie épaisse de l'éprouvette est sciée; l'éprouvette s'ouvre légèrement sous l'effet des tensions, et l'on mesure le nouvel écartement; la différence entre les deux mesures est caractéristique de l'importance des tensions internes existant dans la partie amincie.

Le tableau donne les résultats obtenus sur éprouvettes brutes de coulée et recuites à différentes températures, avec les valeurs correspondantes des cisaillements et duretés Brinell; les recuits ont duré six heures, après montée d'une heure à température et avec refroidissement de quatre heures, ceci pour éviter la formation de nouvelles tensions.

On constate que l'effet du recuit sur les tensions commence seulement à se faire sentir vers 300° et que la disparition des tensions est sensiblement réalisée à 600°. Il suffit donc, pour détruire ces tensions, de recuire les pièces avec lenteur jusqu'à 650° environ, puis de les laisser refroidir lentement.

Naturellement, la résistance de la fonte est abaissée par ce traitement; j'ai suivi par micrographie les transformations structurales : jusqu'à 500°, on ne note pas de changement sensible, à part une tendance à la coalescence des éléments de la perlite; mais à 600°, il y a formation de ferrite libre avec dépôt de graphite de recuit.

Il y a d'ailleurs lieu de remarquer qu'après coulée, les tensions sont en grande partie localisées à la surface de la pièce : une couronne non soumise au recuit, mais dont l'extérieur a été légèrement meulé sous courant d'eau, comme pour en enlever les bavures, ne s'est ouverte après sciage que du tiers de la quantité dont s'ouvre une couronne semblable brute de coulée.

TABLEAU.

Repère des éprouvettes.	État des éprouvettes.	Épaisseurs avant sciage.	Épaisseurs après sciage.	Différence d'épaisseur.	Résistance au cisaillement.	Dureté.
		mm	mm	mm		
1.....	naturel	54,142	54,200	0,058	39,25	255
2.....	recuit à 300°	55,045	55,102	0,057	38,70	235
3.....	» à 400°	54,946	54,994	0,048	37,10	228
4.....	» à 500°	55,000	55,026	0,026	34,40	220
5.....	» à 600°	54,972	54,978	0,006	29,90	178

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des constituants d'un mélange gazeux comprenant de l'acide sulfhydrique, du gaz carbonique, de l'arséniure et du phosphure d'hydrogène et de l'acétylène.* Note de M. **M. WILMET**, présentée par M. G. Urbain.

L'analyse quantitative d'un mélange gazeux comprenant de l'acide sulfhydrique, du gaz carbonique, de l'arséniure et du phosphure d'hydrogène et de l'acétylène, constitue encore, à l'heure actuelle, un problème assez délicat de l'analyse des gaz.

Les réactifs classiques de l'acide sulfhydrique, le sulfate de cuivre et l'acétate de plomb ne peuvent convenir. Le premier est, en effet, un excellent réactif des phosphure et arséniure d'hydrogène, et, en outre, en présence de ces gaz, il fixe l'acétylène comme l'a montré Joannis [1]. Le second absorbe assez facilement l'arséniure d'hydrogène et même lentement le phosphure d'hydrogène si le mélange contient le premier de ces gaz.

Nous avons substitué à ces deux réactifs l'acétate neutre de zinc, sous forme d'une bouillie de cristaux qui absorbe facilement l'acide sulfhydrique et est sans action sur les autres gaz envisagés.

Le gaz carbonique est absorbé par la potasse.

Après des essais systématiques, nous avons reconnu que l'acétate neutre de cadmium ou en solution légèrement acide absorbait totalement l'arséniure d'hydrogène et laissait intacts le phosphure d'hydrogène et l'acétylène. Nous employons sa solution aqueuse à 80 pour 100, qui absorbe 40 fois son volume de gaz. Il y a formation d'un précipité noir dont nous poursuivons l'étude.

[1] JOANNIS, *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 1322.

Pour doser en présence d'acétylène le phosphure d'hydrogène, nous utilisons son action réductrice sur l'anhydride sélénieux. Ce réactif est sans action sur l'acétylène. On peut l'employer sous forme de solution à 30 pour 100. A cette concentration, l'absorption correspond à 100 fois le volume du réactif. On observe la précipitation de sélénium rouge. L'acide sulfhydrique et l'arséniure d'hydrogène, réduisant très facilement cette solution, doivent être éliminés préalablement.

Enfin l'acétylène est reconnu et absorbé par le réactif à l'iodomercurate de potassium alcalin de Lebeau et Damiens [1].

Le mélange gazeux envisagé étant mesuré dans une éprouvette sur la cuve à mercure, l'analyse se fera en absorbant successivement chaque gaz au moyen de son réactif. Les différences des volumes lus avant et après chaque addition indiqueront la quantité de chaque gaz contenue dans la prise d'essai. Les réactifs seront essayés dans l'ordre suivant :

Acétate de zinc pour absorber l'acide sulfhydrique;
Potasse pour absorber le gaz carbonique;
Acétate de cadmium pour absorber l'arséniure d'hydrogène;
Anhydride sélénieux pour absorber le phosphure d'hydrogène;
Réactif acétylénique pour absorber l'acétylène.

Les absorptions s'effectuent rapidement, sauf celle de l'arséniure d'hydrogène par l'acétate de cadmium, et aussi celle de l'acétylène pour les dernières traces. Pour le premier, on vérifiera la fin de la réaction en transvasant le mélange gazeux dans une éprouvette contenant une goutte de réactif. Il ne doit plus se former de voile noir. Pour le second, une opération analogue ne doit plus amener de voile blanc sur la paroi intérieure du tube.

Les réactifs dissolvant des quantités appréciables de gaz carbonique et d'acétylène (environ leur demi-volume) et de très faibles quantités des autres gaz, on emploiera, dans chaque cas, la quantité minima de réactif nécessaire pour avoir une absorption totale. En outre, on corrigera les résultats obtenus en tenant compte de la solubilité des gaz dans chaque réactif sous la pression partielle qu'il possède dans le mélange, d'après les résultats bruts trouvés.

Voici, comme exemples, les analyses de trois mélanges synthétiques. Dans ce tableau, sont inscrits les pour 100 initiaux, les pour 100 bruts trouvés et les pour 100 corrigés :

---

(1) Lebeau et Damiens, *Ann. de Chim.*, 9e série, 8, 1917, p. 240.

Gaz.	I (p. 100). Théorique.	Brut.	Corrigé.	II (p. 100). Théorique.	Brut.	Corrigé.	III (p. 100). Théorique.	Brut.	Corrigé.
H^2S..	15,7	16	15,2	30,1	31,2	30,4	47	48,6	48
CO^2...	16,6	16,7	16,8	49,7	49,2	49,5	11,6	12	11,8
H^3As..	15,6	15,9	15,5	2,9	2,8	2,8	1,6	1,7	1,5
H^3P..	25	25	25	4,2	3,6	3,9	31,3	30,5	31,1
C^2H^2..	27,5	26,3	27,3	12,9	12,5	13	8,3	6,8	7,4

L'examen de ces résultats permet de conclure que cette méthode d'analyse peut être avantageusement utilisée dans nombre de cas.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *De l'emploi du gypse à la fabrication du sulfate d'ammoniaque.* Note de M. **Paul Baud**, présentée par M. C. Matignon.

Indiquée par Lavoisier, la décomposition du gypse par le carbonate d'ammoniaque, suivant la réaction

$$CO^3Am^2 + SO^4Ca \rightarrow SO^4Am^2 + CO^3Ca,$$

a été reprise par Chaptal en 1819 [1], puis par Margueritte en 1855 [2], avant de donner lieu à une exploitation industrielle pour la fabrication d'un engrais a 20-20,5 pour 100 d'azote [3].

Récemment enfin [4], MM. C. Matignon et M. Fréjacques ont montré le rôle qu'il faut attribuer à différents facteurs, comme la dimension moyenne des grains de gypse, la concentration de la solution ammoniacale et la fréquence de l'agitation, le rendement pouvant s'élever à 96,6 pour 100 et l'équilibre étant atteint au bout de deux heures et demie.

Dans la pratique de l'usine, on fait le plus souvent barboter un courant d'air, chargé de gaz carbonique, au travers d'une légère bouillie de gypse pulvérisé, ou d'anhydrite, dans une solution ammoniacale et la moyenne des opérations demande de 5 à 8 heures. Cette longue durée s'explique tant par la faible solubilité du sulfate de chaux ($2^g,14$ par litre à 38°) que par un dépôt du carbonate CO^3Ca sur des grains de gypse qui, de ce fait, n'entrent

(1) Chaptal, *De l'industrie française*, 1819, p. 75.
(2) Margueritte, *Bull. Soc. chim.*, 2, 1864, p. 472.
(3) L. Hackspill, *L'azote* (*Encyc. Léauté*), p. 138.
(4) C. Matignon et M. Fréjacques, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 33.

pas en réaction. On opère dans une série de saturateurs, refroidis par un serpentin intérieur, et la fabrication se termine dans des cylindres de tôle où la température varie de 35 à 40° [1].

Nous avons pensé qu'on pourrait trouver un certain intérêt à opérer en vase clos, pour bénéficier, sans perte d'ammoniac, de la chaleur dégagée par la formation du carbonate CO^3Am^2, en même temps que l'addition d'une matière inerte aiderait à maintenir le sulfate de chaux en suspension dans la solution alcaline. C'est ainsi que nous avons fait porter nos essais sur du gypse extrait des carrières de Port-Maron, variété *gros glingueux*, donnant à l'analyse (pour 100) :

SO^4Ca	73,37	MgO	0,10
Al^2O^3, Fe^2O^3	0,20	CO^3Ca	4,32
SiO^2	0,10	H^2O	21,45

La matière inerte, dont nous supposions que son union intime avec le carbonate CO^3Ca précipité fournirait tous les éléments d'une pâte à ciment de bonne qualité, était une argile répondant à la composition :

SiO^2	72,20	MgO	1,26
Al^2O^3	13,05	TiO^2	0,60
Fe^2O^3	5,25	Alcalis	2,49
CaO	0,80	Perte au feu	4,10

Dans un autoclave en tôle, d'une capacité de 5^l et porté par un agitateur à va-et-vient, nous avons introduit, pour chaque expérience, 400^g de gypse, séché à l'air et passé au tamis 80, 350^{cm^3} d'ammoniaque du commerce à 28° Bé (NH^3 32 pour 100), 70^g d'argile et 600^{cm^3} d'eau. A l'aide d'une résistance extérieure, la température de l'enceinte était montée à 50°, 60° ou 70° avant le passage du gaz carbonique dont le courant se réglait de façon à maintenir la pression intérieure constante pendant toute la durée de l'opération (500^g, 700^g, 1000^g).

Les résultats fournis par une première série d'essais se résument dans le tableau qui suit :

---

(1) L. Hackspill, *loc. cit.*, p. 140.

	Pression.	Durée.	Température. initiale.	Température. finale.	Rendement.
A.	500^{g}	40 minutes	60	40	82,5
	750	»	60	39	86
	1000	40 minutes	70	43	83
		1 h. 20	70	39	83,2
B.	500	2 heures	50	17	82,6
	750	»	60	39	83,4
		»	57	21	83
	1000	»	60	30	82
C.	750	40 minutes	60	36	92,75
	750	»	70	48	96,6

On notera que toutes ces opérations se sont faites en présence d'un excès d'alcali (environ 30 pour 100), récupérable lors de la concentration de la solution de sulfate, et que la séparation de l'insoluble n'a présenté aucune difficulté.

Très homogène, la pâte restée sur le filtre a été, après l'un de nos essais, cuite entre 1550° et 1600°, pour donner des clinckers répondant à la composition :

SiO^2	23,59	TiO^2	0,26
Al^2O^3	4,28	MgO	1,2
CaO	66,77	Fe^2O^3	1,85
SO^3	0,8		

soit un module d'hydraulicité 2,1 $\left(\frac{66,77}{29,72}\right)$ et un indice 0,43 $\left(\frac{29,72}{68,19}\right)$.

Les solutions de sulfate ammoniacal marquant de 20° à 21° Bé (teneur 27-28 pour 100), nous avons pensé à les faire rentrer dans une nouvelle opération pour en élever le titre à 35-38 pour 100, mais nos essais confirment jusqu'ici l'opinion de MM. C. Matignon et M. Fréjacques sur le ralentissement de la vitesse de la réaction équilibrée, ralentissement dû à la présence de ce sel dans la solution initiale.

La proportion d'argile ajoutée à la bouillie ammoniacale de gypse pouvant varier dans une large mesure et devant *seulement* se régler sur la composition de la pâte à ciment désirée, il apparaît ainsi que l'on peut, en opérant entre 70 et 50° et sous une faible pression (750^{g}), non seulement réduire considérablement la durée des opérations, mais encore obtenir un sous-produit intéressant, alors que, souillé de sulfate calcique non décomposé, de silice, d'oxyde de fer et d'alumine, le carbonate précipité restait jusqu'ici sans emploi rémunérateur ([1]).

Nous poursuivons nos expériences pour établir un dispositif permettant

([1]) Brevet français n° 627737.

l'emploi des gaz de fours à chaux (30 pour 100 CO^2), sans qu'il soit pour cela nécessaire d'augmenter les dimensions des appareils ou d'élever la pression intérieure.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'emploi de la pile photo-électrique pour la mesure du pouvoir réflecteur des minéraux opaques.* Note de M. J. ORCEL.

Les données numériques relatives aux propriétés optiques des minéraux opaques sont à peu près inexistantes. Parmi ces propriétés il en est une, le *pouvoir réflecteur*, dont la connaissance pourrait aider beaucoup au diagnostic des différentes espèces.

Quelques tentatives ont été faites dans cette voie, mais elles ont pour bases des comparaisons photométriques ou colorimétriques oculaires dans lesquelles intervient beaucoup le facteur personnel de l'observateur.

J'ai donc pensé utiliser les propriétés des piles ou cellules photo-électriques (¹) qui permettent de réaliser une mesure du pouvoir réflecteur indépendante de l'œil.

La connaissance du pouvoir réflecteur absolu d'une surface polie étant un problème délicat, je n'ai cherché tout d'abord à en déterminer qu'une valeur relative par rapport à un minéral déterminé choisi comme étalon, par exemple la galène pour les minéraux absorbants et la blende pour les minéraux transparents accompagnant les précédents dans les gîtes métallifères.

En ce qui concerne le choix de la cellule et la mesure du courant photo-électrique j'ai utilisé le dispositif imaginé pa M. R. Toussaint (²).

J'ai adapté directement la cellule sur le microscope métallographique habituellement en usage pour l'examen des sections polies de minerais (³). Comme, dans le cas des minéraux anisotropes, le pouvoir réflecteur n'est

---

(¹) Cf. G. ROUGIER, *Les piles photo-électriques et leur application à la photométrie* (*Revue d'Optique*, 2, 1923, IV, p. 133-166, et IX, p. 365-383); MAHMOUD KHAN HESSABY, *Étude de la sensibilité des cellules photo-électriques en fonction de la longueur d'onde* (*Thèse*, Paris, 1927, 61 pages).

(²) R. TOUSSAINT, *Photocolorimètre T. C-B à mesures indépendantes de l'œil pour la mesure des couleurs dans l'industrie* (*Bull. Soc. Enc. Ind. Nat.*, 126, juin 1927, p. 421-429).

(³) Cf. J. ORCEL, *Les méthodes d'examen microscopique des minerais métalliques* (*Bull. Soc. franç. Min.*, 48, 1925, p. 272-361).

pas le même dans tous les azimuts de la face réfléchissante, il est nécessaire pour l'étudier d'éclairer cette face avec de la lumière polarisée rectilignement. On emploiera alors un microscope métallographique polarisant dont on conservera seulement l'un des nicols. Comme source lumineuse j'ai utilisé soit la lampe « pointolite » (200 bougies), soit une lampe à filament de 18 volts (250 bougies) branchées sur le secteur; la stabilité de ces sources était suffisante pendant la durée d'une mesure.

Mode opératoire. — Les sections polies du minéral étudié et du minéral étalon sont montées dans de la cire et placées rigoureusement dans le même plan perpendiculaire à l'axe optique du microscope. On repère sur chacune d'elles, à un assez fort grossissement (objectif 5), une plage ne présentant aucun défaut de polissage. On met au point sur un verre dépoli disposé à la place de l'oculaire, puis après avoir remplacé ce verre par l'orifice de la cellule, on effectue la comparaison photométrique des deux plages choisies. Le rapport des deux déviations galvanométriques obtenues fournit le pouvoir réflecteur du minéral étudié par rapport au minéral étalon. Si le minéral étudié est anisotrope le spot oscille entre deux positions bien définies quand on fait tourner la préparation dans son plan autour de l'axe du microscope. Les rapports de chacune de ces déviations avec celle obtenue pour le minéral étalon définissent les *pouvoirs réflecteurs principaux* de la face considérée (1).

Voici, comme exemple, les résultats obtenus sur un cristal de stibine : Nous admettrons en première approximation que les pouvoirs réflecteurs principaux du cristal R_a, R_b et R_c coïncident avec les trois axes cristallographiques (2). Ces trois valeurs s'obtiennent en mesurant les pouvoirs réflecteurs principaux (par rapport à la galène) des trois faces p(R_a et R_b),

---

(1) J'ai observé souvent le même phénomène sur des clivages de galène; cette anomalie peut être due à des tensions internes provoquées par des phénomènes mécaniques; elle est très variable suivant les échantillons; négligeables pour certains ($\rho = 1,01$); il est nécessaire d'en tenir compte pour d'autres ($\rho = 1,07$) si l'on est obligé de les utiliser comme étalon. J'ai pu réaliser les mêmes écarts observés entre les cristaux naturels en comprimant fortement, dans une direction voisine d'un axe binaire, un cube de clivage de galène peu déformé à l'état naturel.

(2) Ceci n'est pas tout à fait exact, car P. Drude a montré (*Ann. d. Phys. Chem.*, 34, 1888, p. 526) par d'autres méthodes que sur la face g^1 les axes de symétrie optiques font un certain angle (8°) avec les axes de symétrie cristallographiques, ce qui conduit à supposer que la stibine n'est pas réellement orthorhombique.

h^1 (R_c et R_b); g^1 (R_c et R_a). J'ai trouvé

$$R_a = 0,90; \qquad R_b = 0,70; \qquad R_c = 1,05;$$

et pour les valeurs du rapport ρ des pouvoirs réflecteurs principaux de chacune de ces faces (qui peuvent être déterminées directement sans avoir recours au minéral étalon)

$$\rho_{ab} = 1,30 \text{ (sur } p\text{)}; \qquad \rho_{bc} = 1,45 \text{ (sur } h^1\text{)}; \qquad \rho_{ac} = 1,15 \text{ (sur } g^1\text{)}.$$

La précision de ces mesures est de l'ordre de 2 ou 3 unités de la seconde décimale.

Ces déterminations ont été faites en lumière blanche; il serait intéressant aussi, pour caractériser les diverses espèces, de connaître pour chacune d'elles les variations de pouvoir réflecteur avec la longueur d'onde; la production de lumière monochromatique intense de diverses longueurs d'onde étant difficile à réaliser, il est nécessaire d'amplifier le courant de la cellule à l'aide d'une lampe à trois électrodes, mais je n'ai pas encore obtenu de résultats nets dans cette voie.

Toutefois, tel qu'il est décrit ici, ce procédé permet de diagnostiquer certaines espèces dont la distinction ne pourrait se faire que par l'analyse chimiques; il en est ainsi de la bournonite ($R = 0,84$ à $0,90$) et de la famatinite ($R = 0,55$ à $0,60$).

MINÉRALOGIE. — *Sur un cas de pseudopolychroïsme de la calcite.* Note de M. B. Dimitrievitch.

Les roches du Mont Avala (Serbie) que j'ai décrites dans une Note antérieure [1] renferment parfois des plages de calcite montrant un polychroïsme très intense; elles sont presque noires dans certaines positions de la platine du microscope. Ce polychroïsme est tout à fait imprévu puisque la substance, observée sans nicols est absolument incolore. Il s'agit donc d'un phénomène identique à celui désigné par de Federoff [2] sous le nom de pseudopolychroïsme ou pseudodichroïsme.

Cette calcite pseudopolychroïque se présente sous divers aspects : tout

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 286.

(2) E. v. Fedorow, *Tschermaks, Min. und Petrogr. Mitth.*, **14**, 1894, p. 564. — *Groths, Zeitschrift für Min.*, **32**, 1900, p. 128.

d'abord on la trouve en plages irrégulières remplissant souvent des fissures dans la zone de contact des roches filoniennes et des calcaires crétacés. Souvent aussi elle est associée à la calcite normale non polychroïque. Elle se rencontre dans les phénocristaux de feldspaths des roches filoniennes : rhyolites, microgranites, trachyandésites, kersantites, et même dans des grès à feldspaths.

Elle se forme d'ordinaire à la partie périphérique des cristaux de feldspaths. ou bien pénètre dans leurs fissures. Parfois la transformation est totale, et reconstitue les anciennes formes de feldspaths. Le détail des macles est aussi mis en évidence, car les plages pseudopolychroïques provenant de la transformation d'un même individu ont des orientations identiques.

Pour déterminer l'origine de ce pseudopolychroïsme j'ai suivi la méthode utilisée par M. P. Gaubert[1] dans l'étude d'un phénomène analogue présenté par les sphérolites de quelques corps organiques. Après avoir retiré le polariseur, on place une teinte sensible entre l'analyseur et la plaque; en tournant convenablement la préparation ou le nicol, les plages de calcite qui précédemment paraissaient absorber la lumière deviennent violettes. Cette calcite pseudopolychroïque agit donc comme un polariseur rectiligne. Si, après avoir enlevé le couvre-objet, on attaque ces plages par l'acide chlorhydrique dilué à 5 pour 100, on constate qu'il reste un résidu opaque ne présentant plus le phénomène de pseudopolychroïsme. Ce résidu est formé de petits corpuscules isotropes que l'on distingue nettement en le recouvrant de xylol. La faible quantité de substance ne nous a pas permis de déterminer la nature exacte de ces corpuscules; toutefois, comme la calcite provient de l'altération des feldspaths, il est probable qu'ils sont constitués par de la kaolinite ou de la silice gélatineuse, et que leur mélange avec la calcite n'était que mécanique.

De Fedoroff a attribué le phénomène de pseudopolychroïsme qu'il a observé dans une roche à microperthite et dans des calcites et des giobertites, à un assemblage de lamelles très fines de réfringences différentes. Cette hypothèse peut être appliquée à une calcite à structure lamellaire qui existe aussi dans les roches d'Avala.

Mais dans le cas étudié ici le phénomène de pseudopolychroïsme doit plutôt être rapporté à la présence d'inclusions très fines semblables à celles étudiées par M. P. Gaubert dans des cristaux de substances incolores.

---

[1] P. Gaubert, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 456 ; 151, 1910, p. 1134.

GÉOLOGIE. — *Sur une série de roches prétendue d'âge carbonifère près du Paradis (les Rafforts) des Praz de Chamonix (massif des Aiguilles Rouges).* Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Pierre Termier.

A un quart d'heure des Praz de Chamonix, la localité dite les Rafforts, plus connue des touristes sous le nom du Paradis des Praz et située au pied de la pente rocheuse que surmonte l'Hôtel de la Flégère, présente pour les géologues un intérêt particulier. C'est A. Favre (¹) qui en a donné la première description détaillée avec dessin à l'appui.

On y voit, d'après A. Favre, « un petit lambeau de calcaire appliqué contre la base des Aiguilles Rouges ». « Au-dessus, la pente est couverte d'éboulements, et à une certaine élévation, on voit un rocher d'une vingtaine de pieds de hauteur formé de grès, séparé du corps de la montagne par un passage si étroit qu'on a de la peine à le traverser et dont le sol est de schistes argileux noirs. La couche suivante est aussi un grès ayant un rapport avec le gneiss; on y trouve cependant des rognons et des cailloux comme dans le poudingue de Vallorcine, auquel il ressemble. Le corps de la montagne est de gneiss. »

Dans les calcaires des Rafforts, A. Favre a reconnu le Jurassique. Quant aux grès et schistes argileux, il s'exprime dans les termes suivants : « Il est probable que ce calcaire s'appuie sur le terrain houiller. Ce dernier est peu reconnaissable; il est le prolongement de celui d'Argentière et forme une bande étroite qui s'étend au pied des Aiguilles Rouges. »

Mais ces expressions, si réservées et si prudentes, d'un maître de la géologie alpine, ont passé dans la littérature géologique avec un sens nettement affirmatif, et sur toutes les cartes géologiques, représentant la région et parues après le travail de A. Favre, figure, aux Rafforts, une bande de Carbonifère, parallèle à la vallée de Chamonix et formant un coussinet entre le Mésozoïque du synclinal complexe de Chamonix et le Cristallin des Aiguilles Rouges. Il semble, à la lecture de ces cartes, que le Carbonifère des Rafforts représente, par sa position et son orientation, un pont reliant les affleurements du Carbonifère des Houches (Coupeau) à ceux d'Argentière (ainsi que de la localité de La Joux).

(¹) A. Favre, *Savoie*, 2, p. 314-315, § 463 et pl. XV, fig. 2 (Genève, 1867).

Or, on sait ([1]) déjà que la direction des plis hercyniens dans cette région ne coïncide nullement avec l'axe de la vallée de Chamonix : ils se croisent sous un angle allant jusqu'à 45° et même au delà. Une révision de l'affleurement des Rafforts s'imposait donc.

Le résultat d'une étude détaillée sur le terrain, complétée par l'examen sous le microscope d'une série de coupes minces des échantillons récoltés sur place, a montré la succession suivante des roches de cette localité.

1° La série sédimentaire est appuyée contre des rochers abrupts taillés dans une roche éruptive. Le microscope montre qu'il s'agit d'un microgranite ayant subi un écrasement assez considérable.

La série sédimentaire débute par :

2° Une couche de $0^m,2$-$0^m,4$ de quartzite à grain fin, contenant des cristaux de pyrite. Il est écrasé, laminé, rendu schisteux. Le contact *mécanique* de cette formation avec le microgranite est très net;

3° 1^m-$1^m,5$ de calcaire fortement gréseux, voire même conglomératique, ferrugineux. Il est très broyé, comme on le voit sur le terrain même et, mieux encore, à l'examen des coupes minces sous le microscope;

4° $1^m,5$ de schistes argileux noirs, partiellement gréseux, et friables;

5° $0^m,5$ de calcaire extrêmement gréseux;

6° 4-7^m de grès très micacé;

7° Éboulis couvrant la pente sur 20-25^m;

8° Calcaire gris bleuâtre du Jurassique.

L'examen attentif des formations 2°-6° ne fournit par d'arguments suffisants pour les classer dans le Carbonifère. Par contre, ce complexe rappelle beaucoup la base du *Trias* (le quartzite) et le *Rhétien* du faciès que nous connaissons dans les affleurements de la rive gauche du torrent de Bionnassay ou dans le vallon des Arandellys ([2]).

En résumé : la série des roches sédimentaires qui affleurent aux Rafforts (le Paradis des Praz de Chamonix) appartient entièrement au Mésozoïque du synclinal complexe de Chamonix. Ces roches, très écrasées, sont plaquées directement contre le Cristallin des Aiguilles Rouges. Il n'y a pas de Carbonifère dans cette localité.

([1]) P. Corbin et N. Oulianoff, *Recherches géologiques dans la partie sud-ouest du massif des Aiguilles Rouges (environs de Chamonix-Servoz)* (*C. R. du Congrès géologique international*, XIIIe session, p. 435-441, Bruxelles, 1923); et *Continuité de la tectonique hercynienne dans les massifs du mont Blanc et des Aiguilles Rouges* (*Bull. Soc. géolog. de France*, 4e série, 25, 1925, p. 541).

([2]) P. Corbin et N. Oulianoff, *Notice explicative pour la feuille Servoz-les-Houches de la carte géologique du massif du mont Blanc à l'échelle du* $\frac{1}{20000}$; *passim*, Paris, 1927.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure de la densité des champs de neige et des glaciers*. Note de M. **Devaux**, présentée par M. Brillouin.

I. Méthodes de mesures. — *a. Neige récente-névés persistants*. — Pour mesurer rapidement la densité d'un champ de neige à une profondeur déterminée, il est facile d'en prélever un volume connu que l'on pèse : il suffit de faire une section verticale dans la neige, d'enfoncer perpendiculairement à la paroi un récipient cylindrique fermé à une extrémité et de couper la neige suivant le plan d'ouverture du récipient.

Dans le cas d'un névé qui s'est refroidi au-dessous de 0° après un suintement d'eau dans sa masse, l'eau d'infiltration, en se gelant, a soudé entre eux les grains du névé, qui est beaucoup plus dur. Pour en mesurer la densité, on taille grossièrement un volume cylindrique un peu plus volumineux que celui que l'on désire; on force ce bloc à entrer dans le récipient : il s'effrite sur les bords, et l'on a le volume désiré.

b. Glace proprement dite (imperméable à l'eau). — Il est alors difficile de prélever un volume de formes géométriques déterminées, mais j'ai utilisé la méthode très avantageuse suivante :

On fixe à un échantillon de glace suffisamment gros une petite masse métallique de poids et de densité connus (soit p le poids de cette masse dans l'eau à 0°); on laisse flotter le tout dans un récipient plein d'eau à température peu élevée : la glace fond lentement; au moment précis où elle commence à « couler », on l'enlève et on la pèse rapidement (soit P le poids de la glace seule), $P + p$ est alors égal au poids de l'eau déplacée par le bloc de glace, c'est-à-dire au volume de ce bloc; la densité de cet échantillon de glace est donc $\rho = \frac{P}{P+p}$. p est connu une fois pour toutes; on obtient donc ρ en effectuant une seule pesée.

J'employais un petit peson à contrepoids, genre pèse-lettre, monté sur un petit pied photographique; une rotule permettait la mise au o immédiate. En général j'obtenais p à $\frac{1}{100}$ près. D'autre part, l'erreur relative commise sur p (mesuré au laboratoire) est négligeable devant celle que l'on commet sur P. Dans ces conditions, on trouve pour l'erreur relative commise sur ρ : $\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{p}{P+p}\frac{\Delta P}{P}$. Pour les échantillons de glace étudiés, $\frac{p}{P+p}$ était de l'ordre de $\frac{1}{10}$; $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ était donc de l'ordre de $\frac{1}{1000}$. On pourrait d'ailleurs

diminuer encore l'erreur commise sur ρ en employant une balance plus précise; car l'instant de la coulée peut se déterminer avec une grande précision (observation tangentielle du ménisque produit par la pointe émergente du bloc flottant); et les bulles que renferme la glace des glaciers sont, en général, de petite dimension (ce qui rend très faible l'erreur provenant des irrégularités de la surface, lorsqu'on emploie un bloc assez gros).

Ces méthodes ne nécessitent qu'un matériel rustique, robuste et peu encombrant; on peut opérer seul, dans n'importe quelles conditions de situation ou de fatigue (doigts gelés), ce qui est un gros avantage pour toute étude effectuée en course de montagne.

II. Résultats. — *a. Neige récente.* — J'ai opéré en hiver aux environs de l'Observatoire du Pic du Midi (2860^m). J'ai constaté les faits suivants :

1° En un point quelconque d'un champ de neige, la densité croît avec le temps, par suite d'un tassement de la neige (indépendamment des phénomènes de fusion et de regel);

2° Si l'on examine divers dépôts de neige récents et simultanés, on constate des différences considérables de densité suivant les régions étudiées. La densité dépend essentiellement des conditions aérodynamiques dans lesquelles la neige s'est déposée. D'une manière absolument générale, quand les grains de neige sont tombés en air peu agité, la densité est faible; quand l'air est animé d'un mouvement rapide au voisinage immédiat de la surface où se forme le dépôt, la densité est beaucoup plus grande.

En assistant, pendant les tourmentes de décembre, janvier et février derniers, à la formation de reliefs de neige divers (monticules, rainures, corniches, niches, etc.), j'ai pu analyser le mécanisme de ces formations; j'ai reconnu qu'elles sont toutes d'origine aérodynamique; les anomalies apparentes, constatées dans la densité de leurs divers points, sont expliquées par la circulation de l'air, d'après la loi générale ci-dessus énoncée.

b. Névés persistants. — Les différents névés que j'ai examinés en août et au début de septembre 1927 dans les Hautes-Pyrénées, avaient tous une densité comprise entre 0,51 et 0,59. La densité ne semble plus dépendre des conditions aérodynamiques dans lesquelles ont eu lieu les dépôts. A titre d'indication, je fournis quelques moyennes des chiffres obtenus :

	Altitude approximative.	Densité.
	m	
Névés recouvrant le bas du glacier Nord du Mont Perdu....	2500	0,54
» le haut du glacier de la brèche de Roland..	2800	0,51
» le glacier du petit Turon du Néouvieille....	2900	0,53
» le sommet de la Tour du Marboré.........	3000	0,59
» le bassin supérieur du glacier d'Ossoue (Vignemale) moyenne des mesures en huit endroits différents.	3200	0,53
Crète de neige ancienne recouvrant le sommet du Mont Perdu.	3350	0,53

Entre les limites envisagées, la densité semble indépendante de l'altitude.

De nouvelles mesures, effectuées au début d'octobre, ont donné en moyenne, des chiffres plus élevés (0,53 à 0,65). Il est vrai qu'à cette époque on opère sur des couches qui se trouvaient en août à une certaine profondeur; mais, comme la densité ne semble guère varier avec la profondeur pour les quelques premiers mètres, je crois qu'il y a une croissance réelle de la densité dans le cours de la saison chaude.

c. Glace proprement dite. — Les résultats que j'ai obtenus seront exposés dans une prochaine Note, ayant pour objet la formation de la glace des glaciers.

MYCOLOGIE. — *Influence du milieu sur la croissance des Champignons de Lichens.* Note de M. **R.-G. Werner**, presentée par M. P.-A. Dangeard.

Un travail antérieur ([1]) nous a permis d'établir que la culture pure des Champignons de Lichens était parfaitement réalisable à condition d'observer le moment de maturité des spores. Un grand nombre de Champignons de Lichens foliacés et fruticuleux ont ainsi été cultivés par nous sur un milieu glucosé à malt (3 pour 100) ou sur agar selon la formule de Warén ([2]) dont voici la composition :

	Pour 100.
Glucose....	2
KH^2HO^4..................	0,05
$MgSO^4$...................	0,025
$CaCl^2$....................	0,025
$FeCl^6$....................	quelques traces
Sources d'azote............	0,5

([1]) R.-G. Werner, *Recherches biologiques et expérimentales sur les Ascomycètes de Lichens* (*Thèse Fac. Sc. Paris*, 88 p., 8 pl., fig. texte, Mulhouse, 1927).

([2]) H. Warén, *Reinkulturen von Flechtengonidien* (*Finska vetensk. Soc. Foerh.*, 61, A. xiv, 1920, p. 79, pl. 9).

La peptone et l'asparagine nous ont servi de sources organiques, le nitrate d'ammonium de source anorganique d'azote. Il était intéressant de changer la composition de cette formule en modifiant surtout la quantité de glucose. Un problème initial se posait : savoir, si l'équilibre entre les deux symbiotes pouvait s'établir par la réduction de la proportion du sucre et, par conséquent, par la croissance ralentie du champignon et de l'algue. Nous avons donc entrepris la culture à partir d'une particule thalline de 1^{mm} des champignons du *Gyrophora erosa*, du *Xanthoria parietina*, du *Parmelia sp.* (comprenant le *Parmelia conspersa*, le *Parmelia olivacea* et le *Parmelia saxatilis*), du *Sticta pulmonacea*, du *Ramalina fraxinea*, de l'*Usnea barbata*, du *Cladonia squamosa* et du *Bæomyces roseus*. Les milieux dont nous nous sommes servi ont été les suivants : agar à l'eau, agar de malt sans glucose, agar selon Warén sans glucose, agar de Warén sans glucose avec 0,05 pour 100 d'urée, agar de Warén sans glucose avec de la peptone, agar de Warén avec du nitrate d'ammonium et 0,2 pour 100 de glucose, agar de Warén sans source d'azote avec 0,5 pour 100 de glucose, agar de Warén avec de l'asparagine et 1 pour 100 de glucose, agar de Warén avec 0,5 pour 100 de galactose. Une première série de mesures a été faite après une croissancede 6 mois.

Nous pouvons en déduire que la croissance, en général très activée par 1 pour 100 de glucose, atteint son minimum sur agar contenant de l'urée. Cette substance paraît même être nuisible à la plupart des champignons. Leur évolution plus ou moins favorisée sur les autres substratums devient particulièrement active sur agar de malt sans glucose et sur agar de Warén avec galactose. Toutefois le mycète préfère le glucose au galactose. Nous avons remarqué d'autre part que le *Sticta* et le *Bæomyces* s'accomodent beaucoup mieux à tous ces milieux que les autres champignons dont le développement est excessivement ralenti; le *Sticta* seul croît relativement bien sur l'urée. Mentionnons également la coloration particulière à chacun des champignons qui varie en plus claire ou en plus foncée selon le milieu. Toutes ces observations correspondent à celles faites par Chodat ([1]) sur ses cultures pures de gonidies. Elles se rapportent également aux gonidies que nous avons décrites dans notre travail ([2]) et qui ont été extraites du *Parmelia conspersa* du *Xanthoria parietina* et du *Ramalina fraxinea*.

([1]) R. Chodat, *Monographie d'Algues en culture pure* (*Mat. pour la Flore crypt. Suisse*, 4, II, Berne, 1913, p. 1-256).

([2]) *Loc. cit.*, p. 53.

Lorsqu'on réunit algues et champignons sur les substratums cités, la cellule verte paraît exercer une influence sur le développement du champignon. Celui-ci croît en général moins vite qu'à l'état isolé. Il en résulte presque toujours la prédominance de l'algue sauf sur l'un ou l'autre de ces milieux que nous nous proposons d'étudier plus particulièrement en vue de l'équilibre à réaliser entre les deux symbiotes.

Dans un travail ultérieur plus étendu, nous nous efforcerons donc de préciser l'action physiologique exercée par des milieux à doses réduites de glucose et d'azote sur les divers champignons. Ces modifications de culture pourraient peut-être influencer le champignon isolé dans la formation d'organes de fructification.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur plusieurs formes particulières et endémiques de* Triticum dicoccum *Schrank.* Note de M. **Em. Miège** présentée par M. L. Guignard.

Dans un court Mémoire antérieur ([1]), j'ai signalé, pour la première fois, la présence au Maroc de *Triticum dicoccum* Sch., dont l'existence n'avait pas encore été indiquée en Afrique du Nord. L'étude plus complète des seize sortes que j'avais déjà séparées et sommairement décrites, en les rapportant aux variétés *farrum* Bayle et *liguliforme* Keke, et celle de quelques formes plus récemment recueillies, m'ont montré qu'il s'agissait de races nouvelles et endémiques, dont il ne semble pas que l'on ait retrouvé, jusqu'ici, la réplique dans d'autres pays.

L'originalité de ces types marocains a été confirmée par MM. Vavilov et Flaksberger, qui les ont comparés à ceux d'Europe, des Indes, de Perse, et d'Abyssinie, et qui ont remarqué, comme moi, qu'ils formaient un groupe à part. Les descriptions que j'en ai données montrent les caractères particuliers de ces races et aussi la place spéciale qu'elles paraissent occuper dans la classification, tant aux points de vue morphologique, qu'anatomique et biologique, puisqu'elles se rapprochent, à la fois, du groupe européen et du groupe indo-abyssinien de Percival (1922).

Ces amidonniers possèdent en effet les deux faisceaux vasculaires du coléoptile, la couleur glauque et les poils courts des feuilles, les stipules

---

([1]) Em. Miège, *Sur la présence au Maroc de* Triticum-dicoccum *Sch.* (*Bull. Soc. Sc. Nat. du Maroc*, 5, iii, 30 avril 1925, p. 98).

ciliées etc., qui, d'après cet auteur, caractérisent la première catégorie, de même que la précocité, la hauteur des tiges etc., qui distinguent la seconde.

Leur ensemble révèle en outre une grande variété; c'est ainsi que j'ai trouvé des formes à paille pleine, demi-pleine, ou demi-creuse à port étalé ou demi-érigé, à feuilles ciliées ou non, à stipules velues ou non, à tige moyenne (100^{cm}) ou courte (70^{cm}). La diversité des épis et de leurs ornements est au moins aussi grande; leur longueur varie de 4 à 11^{cm}, leur couleur du blanc, au jaune et au rosé, les dimensions des barbes de 120 à 180^{mm}, et il en est de même des caractères secondaires (rachis, glumes, glumelles, etc.), et des caractères végétatifs (longueur et largeur des feuilles, des stipules, des ligules, etc.).

Or, malgré sa complexité relativement grande, ce *Triticum dicoccum* semble localisé, au Maroc, dans les parties montagneuses situées sur les confins du Riff, dans les régions des Sless et de l'Ouergha, où j'ai trouvé, du reste, en mélange avec lui, avec *Hordeum tetrastichum* Keke et plusieurs *Triticum durum* Desf. des exemplaires d'une *Avena* spontanée, assez particulière et reconnue comme sp. *nova*.

La présence simultanée de ces divers genres et espèces mérite d'être citée, surtout si l'on admet les conceptions de Vavilov (1926) sur l'origine des plantes cultivées; elle le mérite également, si l'on considère, avec les auteurs russes et, en particulier, Mlle Stoletova (1924), que *Triticum dicoccum* a le même centre d'origine que les blés durs et que ce berceau commun est situé en Afrique du Nord.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La végétation des montagnes du Maroc central.* Note [1] de M. **Louis Emberger** [2], transmise par M. Guignard.

Nous appelons *montagnes du Maroc central* la partie élevée de la pénéplaine embrassant la région d'Oulmès et la portion sud du pays Zaër. Ces régions, très accidentées et situées à l'écart des grandes voies qui traversent le Maroc, n'ont jamais été étudiées par un botaniste.

Adossées au Moyen-Atlas, elles forment une presqu'île montagneuse et

---

(1) Séance du 25 juillet 1927.

(2) Études faites au cours d'une mission confiée par l'Institut scientifique chérifien; j'ai fait deux voyages, l'un en mai, l'autre en juillet 1926, ce dernier avec M. Maire qui a confirmé mes observations.

tabulaire émergeant d'une grande plaine. Cette situation de promontoire conditionne le climat et en particulier la pluviométrie de la région. Les parties Ouest et Nord-Ouest reçoivent beaucoup de pluies (environ 750^{mm}); cette quantité diminue progressivement vers l'Est et le Sud (550^{mm} à Khenifra). De plus, au Sud et à l'Est l'influence du Tadla subdésertique est très nette.

Le pays est presque entièrement schisteux ou cristallin. Les calcaires sont très rares.

Le Chêne-liège (*Quercus Suber* L.) est l'arbre caractérisque; il y forme de belles forêts presque toujours en mélange avec *Q. Ilex* et, aux endroits humides, avec *Q. lusitanica* D. C. var. *maroccana* Br. Bl. et Maire. Le Chêne vert se substitue parfois entièrement au Chêne-liège dans des conditions que nous ne pouvons pas étudier ici. Le sous-bois, très touffu, est caractérisé par *Adenocarpus intermedius* D. C. var., *Cytisus triflorus* L'Hér., *Arbutus Unedo* L., *Cistus ladaniferus* L. et *C. salviifolius* L. Le caractère montagnard de cette forêt est encore souligné par *Viburnum Tinus* L., *Hedera Helix* L., *Ruscus aculeatus* L., *Achillea ligustica* All., *Teucrium pseudo-Scorodonia* Desf., *Tulipa Celsiana* Red., *Asphodelus roseus* Humb. et Maire. Sur les bords des cours d'eau et des daïas, on récolte *Equisetum maximum* Lam., *Osmonda regalis* L. connus seulement dans la région de Tanger, et des éléments ibéro-atlantiques comme *Nasturtium Boissieri* Coss., *Carum verticillatum* Koch., *Antinoria insularis* Parl. y croissent aussi.

La végétation des rochers de quartzites est caractérisée par *Spergularia Pitardiana* Hy subsp. *villosa* Emberger et Maire, *Phagnalon calycinum* (Cav.) D. C. var. *tenuifolium* Emberger et Maire, *Erodium tordylioides* Desf. et *Sedum modestum* Ball.

La forêt de Chênes-lièges se développe à partir de 800-1000^{m} d'altitude. Elle caractérise l'étage supérieur de la région et correspond à l'étage montagnard du Moyen-Atlas [cf. MAIRE, *Études sur la végétation et la flore du Grand-Atlas et du Moyen-Atlas marocain* (*Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 1924)]. Aucun sommet de la région (alt. max. 1600^{m}) ne présente les conditions pour porter des étages supérieurs.

Le Chêne-liège est remplacé aux altitudes inférieures part le Chêne vert accompagné de Cistes (*C. villosus* L. surtout). La forêt de *Q. Ilex* est beaucoup plus xérophile que celle de son congénère; elle est déterminée par la pluviosité, plus faible aux altitudes inférieures à 800^{m}. Très réduite à l'Ouest et au Nord, elle est bien développée à l'Est et au Sud, c'est-à-dire sur les parties moins accidentées, plus sèches et subissant l'influence climatique du Tadla.

Au-dessous du Chêne vert vient une zone formée de *Callitris articulata* (Vahl.) Murb. Cette ceinture, encore plus aérophile que la forêt de Chênes verts n'est continue qu'au Sud et à l'Est. Ailleurs elle est fragmentée et localisée sur les flancs raides des vallées qui seuls réalisent des stations assez sèches.

Callitris et *Q. Ilex* appartiennent aux étages de la plaine dont nous n'avons rien à dire ici. Le Chêne-liège forme l'étage montagnard de la région. Le pays qu'il couvre est nettement caractérisé par sa flore et sa végétation. Il forme une île humide en pays sec et constitue un secteur phytogéographique indépendant que nous appellerons le *secteur des plateaux d'Oulmès*.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la teneur de l'humus forestier en résines et son influence sur l'humification des matières organiques*. Note de M. **Antonin Němec**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Comme suite à ma précédente étude sur les matières organiques qui, dans la couverture morte des sols forestiers, sont le plus aptes à se transformer, par la décomposition naturelle, en ce qu'on peut appeler proprement l'humus ([1]), j'ai cru utile de m'occuper des facteurs, d'ordre chimique, pouvant intervenir dans cette transformation. Partant du fait, constaté par Koch et Œlsner ([2]), que les résines contenues dans l'humus d'épicéa empêchent l'activité des bactéries nitrifiantes, j'ai cherché la relation entre le degré d'humification et la quantité des substances résineuses, celles-ci étant extraites de la couverture morte au benzène-alcool. En même temps, j'ai déterminé la concentration en ions hydrogène (acidité en pH) par la méthode électrométrique, ainsi que le gain ou la perte en azote nitrique par suite de la nitrification ou de la dénitrification dans un temps donné (30 jours).

Le tableau ci-contre présente les résultats obtenus :

On voit par ces chiffres que le taux de matières organiques humifiées et le taux d'azote nitrifié pour 100 de matières organiques totales ont varié à l'inverse du taux de résines pour 100 de matière sèche. L'azote nitrifié a également varié, d'autre part, à l'inverse de l'acidité, ce qui s'accorde avec ce que l'on sait, d'une façon générale, sur la nitrification.

([1]) A. Němec, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 590.

([2]) A. Koch et A. Œlsner, *Centralbl. f. Bakteriologie*, 45, 1916, p. 107.

Peuplement.	Matières organiques pour 100 de matière sèche.	Matières humifiées pour 100 de matières organiques.	Résines pour 100 de matière sèche.	Azote nitrique gagnée, en mg par kg, de matières organiques.	Acidité active pH.
Pin sylvestre, 60 ans, avec sous-bois d'épicéa 35 ans, sol sans végétation. Forêt de Jirny (près Prague).....	87,34	30,03	8,39	−2,83	4,00
Pin sylvestre, 60 ans, sol sans végétation. Forêt de Jirny............	61,38	47,31	7,80	−1,38	4,34
Épicéa, 100 ans, sol couvert de *Lycopodium annotinum*. Forêts de Horni Planá (Šumava)...........	83,22	56,42	4,50	»	»
Sapin et épicéa, 40 ans, sol couvert de *Vaccinium myrtillus*. Forêts de Lubochňa (Slovaquie)...........	58,90	53,42	3,31	4,62	4,64
Épicéa, 40 ans, sol sans végétation. Forêt de Jirny...................	53,53	58,88	2,56	4,59	4,65
Sapin et hêtre, 90 ans, sol sans végétation. Forêts de Lubochňa.......	93,64	61,54	2,13	5,40	5,51
Sapin et épicéa, 80 ans, sol couvert de *Oxalis acetosella*, *Luzula alba* et *Calamagrostis*. Forêts de Lubochňa.........................	46,74	72,11	1,71	27,27	5,75
Épicéa et hêtre, 60 ans, sol couvert de *Oxalis acetosella*, *Asperula odorata* et *Geranium Robertianum*. Forêts de Lubochňa..............	32,95	72,90	1,22	50,35	5,75
Sapin et hêtre, 100 ans, sol couvert de *Oxalis acetosella* et *Asperula odorata*. Forêts de Lubochňa.....	54,98	72,74	1,21	169,09	6,55
Épicéa, 70 ans, sol couvert de *Oxalis acetosella*, *Asperula odorata* et *Mercurialis silvatica*. Forêts de Lubochňa.......................	28,49	74,16	0,77	396,03	7,02
Sapin, 38 ans, sol couvert de *Oxalis acetosella* et *Asperula odorata*. Forêts de Lubochňa.............	25,22	76,12	0,54	798,13	7,61

Enfin il est intéressant de noter que l'humus des sols des peuplements aciculaires, couverts d'une végétation de plantes herbacées comme *Oxalis acetosella*, *Asperula odorata* et *Mercurialis silvatica*, s'est montré dans l'ensemble moins acide, plus humifié, moins riche en matières résineuses et particulièrement propre à la nitrification.

CHIMIE AGRICOLE. — *Application de la notion de* pH *à la conservation des grains et des issues de céréales.* Note [1] de M. **R. Legendre** présentée par M. J.-L. Breton.

J'ai déjà eu l'occasion de montrer quelques applications pratiques, soit au contrôle d'une matière première, le bois, soit à la conduite d'une fabrication, celle des conserves de crustacés, des données physico-chimiques sur l'acidité et l'alcalinité conçues comme des variations de la concentration en ions hydrogène des solutions, dont l'expression logarithmique est le pH [2]. En prenant comme exemple de solution l'eau de mer, j'ai aussi exposé l'intérêt de ces notions pour de multiples problèmes océanographiques, géologiques, biologiques [3].

Je voudrais, aujourd'hui, signaler une nouvelle application à la conservation des issues et des grains, qui apparaît d'une importance économique considérable.

La meunerie traite d'une manière continue, toute l'année, des céréales, surtout du froment, pour en extraire la farine. Il lui reste comme sous-produit des issues : remoulages, sons, qui font environ le quart de la masse des grains traités. Les éleveurs demandent ces sous-produits pour l'alimentation du bétail, l'hiver seulement, quand les animaux sont à la ferme; cette utilisation est très réduite l'été, quand les bêtes sont aux champs. Or, les issues fermentent rapidement et ne peuvent être actuellement conservées plusieurs mois. Les sous-produits de la meunerie pendant l'été sont donc perdus pour l'alimentation du bétail.

Les grains mis en tas s'altèrent facilement : lorsqu'ils sont humides et chauds, ils germent et plus souvent fermentent et moisissent. De ce fait, les transports par mer des grains coloniaux tels que le riz, ou étrangers tels

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) Peut-être serait-il préférable de réserver les expressions pH et *concentration en ions hydrogène* au cas des solutions vraies, quand ces termes ont un sens physico-chimique précis et se contenter de parler de *degré d'acidité apparente* pour les colloïdes, les liquides intracellulaires et d'imbibition.

(3) R. Legendre, *La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer* (Paris, 1925); *Utilisation des réactifs colorimétriques de* pH *pour la reconnaissance des bois verts ou secs* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 949); *Le noircissement des conserves de crustacés* (*Recherches et Inventions*, n° 139, 15 juillet 1926, p. 509-520).

que le blé, l'orge, le maïs, provoquent fréquemment des pertes importantes. Il en est parfois de même en France, au cours des transports par péniches ou même par wagons et parmi les stocks emmagasinés dans les greniers et les silos. Les intéressés n'appliquent d'autre remède que le brassage : pelletage à la main dans les petites fermes, agitation mécanique dans les installations plus importantes; c'est une dépense considérable de main-d'œuvre ou de force. Les essais chimiques ont toujours été très timides, par crainte d'altérer les qualités boulangères de la farine; seule, la chaux a été proposée comme déshydratant.

Partant d'essais faits pendant la guerre, y ajoutant de nouvelles expériences guidées par la notion du pH, j'arrive aujourd'hui à la conception schématique suivante des processus d'altération si complexes et si variés des grains et des issues.

Le grain germe quand, intact, il se trouve à des degrés de température et d'humidité favorables. L'humidité d'une masse de grains dépend des conditions atmosphériques au moment de la récolte et des soins ultérieurs (aération, séchage) donnés à celle-ci; une teneur en eau supérieure à 14 pour 100 environ permet une germination rapide. La température d'une masse de grains dépend du milieu extérieur et beaucoup plus des transformations qu'elle subit : respiration, fermentations, et surtout développement des bactéries et de moisissures; la température optima de la germination, voisine de 28° pour la plupart des céréales, est souvent atteinte et dépassée.

Tous les grains sont saupoudrés d'une énorme quantité de bactéries et de spores, provenant du sol, qui pullulent dès qu'elles trouvent un milieu humide et nutritif. L'aliment principal, les sucres, est fourni par les grains fendus ou brisés dans lesquels les diastases des cellules ouvertes de la couche à aleurone et du germe agissent sur les grains d'amidon humides, épars.

Si bien qu'un tas de grains humides s'altère en s'échauffant : les grains intacts, à l'air, germent; ceux privés d'oxygène fermentent; les grains brisés ou seulement fêlés, et plus encore les issues fragmentées, se putréfient de manières diverses, selon la nature des microorganismes qui se développent le plus activement.

Or on sait que le pouvoir amylolytique des diastases du grain est maximum au pH 5 et décroît rapidement dès que ce pH varie. J'ai donc pensé qu'en portant les cellules à diastases, ouvertes par brisure ou fêlure, d'un tas de grains ou d'issues, à un degré d'acidité très différent du pH 5, on supprimerait la production de sucre et par suite la pullulation des microorganismes et l'échauffement qui s'ensuit.

Les expériences faites au laboratoire, puis chez des fermiers et à la minoterie, grâce à la collaboration des Grands Moulins de Paris, ont montré l'efficacité du procédé.

En choisissant parmi les nombreux composés alcalins ceux qui sont sans toxicité, sans propriétés spécifiques défavorables, de l'emploi le plus pratique, sans action ni sur le pouvoir germinatif du grain, ni sur les qualités panifiables de la farine, nous avons pu, avec des quantités infimes, stabiliser pratiquement des masses importantes de grains et d'issues de céréales très variées.

Il y a là, croyons-nous, non seulement pour la dernière récolte faite sous la pluie, mais d'une façon très générale, un moyen d'augmenter les ressources alimentaires disponibles pour l'homme et les animaux de ferme.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Sur les préférences trophiques de la Pyrale du Maïs* (Pyrausta nubilalis). *Importance de l'Armoise commune* (Artemisia vulgaris) *comme plante d'élection déviatrice, pour la protection des cultures.* Note de M. **E. Roubaud**, présentée par M. L. Bouvier.

La Pyrale du Maïs (*Pyrausta nubilalis*) est endémique en Europe où ses dégâts dans les cultures apparaissent généralement limités. Introduit vers 1920 au Canada, ce parasite a rencontré dans les cultures de maïs nord-américaines un milieu de développement si favorable qu'il a envahi en quelques années tout l'Ontario et les provinces du nord-est des États-Unis, menaçant gravement l'évolution agricole de ces provinces.

L'allure épidémique qu'affecte généralement dans ce nouveau domaine l'invasion de l'insecte, y pose de façon pressante le problème des influences biologiques aptes à limiter cette expansion. Les faits et expériences que je relaterai ci-après m'incitent à envisager comme l'un des éléments dominants du problème le rôle déviateur trophique que peuvent être appelées à jouer certaines plantes d'élection, pour détourner des cultures les atteintes de la Pyrale, et ramener à un équilibre biologique normal les divagations actuelles de l'espèce.

Aux environs de Paris, c'est l'armoise commune (*Artemisia vulgaris*) qui entretient à l'état latent la Pyrale du maïs.

J'ai reconnu expérimentalement que cette plante offre tous les caractères d'une plante d'élection d'une spécificité franche et solide pour l'insecte, tandis que le maïs ne joue à son égard qu'un rôle d'hôte vicariant secondaire.

1° *L'armoise supporte mieux que le maïs l'infestation par la Pyrale.* — Les touffes atteintes réagissent vigoureusement et survivent. L'infestation peut ainsi se stabiliser indéfiniment dans les mêmes terrains. Il faut, pour détruire l'armoise, une surinfestation massive qui dépasse habituellement les conditions naturelles;

2° *L'armoise convient mieux que le maïs au développement de la Pyrale.* — Sans parler des races de maïs résistantes sur lesquelles je reviendrai prochainement, j'ai constaté, au cours de nombreuses expériences d'infestation, une moyenne de 25 pour 100 de développements chez l'armoise, contre 6,3 pour 100 seulement chez le maïs ([1]);

3° *La Pyrale choisit l'armoise de préférence au maïs.* — L'expérience ci-après montre que l'attraction élective de l'armoise pour les femelles de *Pyrausta* aptes à la ponte, assure à des plants de maïs contigus une protection efficace même contre une infestation massive exceptionnelle.

Dans une vaste cage de toile métallique, cubant 42^{m^3} orientée E-O, en plein air, ont été disposées deux rangées parallèles de touffes d'armoise et de maïs. Chaque rangée comprenait 8 fortes touffes, espacées de $0^m,50$, 4 d'armoise et 4 de maïs alternant entre elles par groupes de quatre.

Toutes les plantes étaient vigoureuses, les touffes de maïs de dimensions doubles ou tribles de celles des armoises.

Du 30 juin au 30 juillet ont été lâchés en liberté dans la cage, 80 papillons mâles et femelles de *Pyrausta* qui s'accouplèrent et se reproduisirent. Dès le début il fut apparent que les papillons délaissaient les touffes de maïs pour celles d'armoise. A la mi-juillet, sur cette plante, des pontes nombreuses commencèrent à être observées, quelques-unes seulement sur le maïs A la fin de juillet, tous les rameaux d'armoise manifestèrent une infestation tellement sévère par les jeunes larves de *Pyrausta* que celles-ci provoquèrent en quelques jours la destruction intégrale des touffes. Le maïs, par contre, fut épargné de façon frappante : sur 57 pieds mis en expérience 43 échappèrent complètement au parasitisme; 14 pieds seulement furent reconnus porteurs de larves, la plupart atteints de façon bénigne.

Dans cette expérience, malgré l'espace restreint et le nombre élevé des papillons, les touffes d'armoise qui couvraient une surface plus de moitié moindre que celle du maïs n'en ont pas moins fixé sur elles la quasi-totalité d'une infestation massive exceptionnelle, correspondant à un chiffre apparent de ponte de 10 à 15000 œufs. On mesure par là tout l'intérêt que présente cette plante d'élection pour la déviation et la fixation, dans des limites tolérables pour les cultures, des atteintes de la Pyrale.

([1]) Expériences portant sur un total de 550 larves jeunes de *Pyrausta* déposées sur des plants à la floraison d'armoise et de maïs.

Il nous apparaît que les associations stables de la Pyrale avec ses plantes d'élection dérivantes jouent un grand rôle pour restreindre les effets du parisitisme dans la zone d'habitat ancien de l'espèce (Europe). De telles associations n'ont vraisemblablement pas encore pu se produire dans la zone des cultures nord-américaines récemment envahies. Il serait utile de les provoquer.

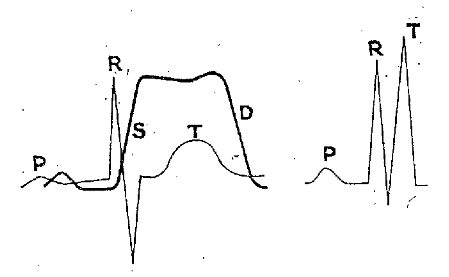
ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *La systole cardiaque.* Note [1] de M. F. **Henrijean**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Le cœur se contracte de telle façon que l'on a longtemps discuté et que l'on discute encore pour savoir s'il s'agit dans ce cas d'un véritable tétanos ou d'une contracture analogue à celle que présentent les muscles striés sous l'influence de la vératrine. Cette dernière manière de voir est assez généralement admise. On se base pour exclure l'hypothèse d'un tétanos cardiaque pendant la systole sur le fait que le cœur présente une longue période réfractaire qui s'oppose à ce qu'une *série* de secousses rapprochées se fusionnent pour maintenir le muscle en contraction permanente. La courbe électrophysiologique du tétanos expérimental des muscles du squelette est très différente de l'ECG. Un électrogramme de tétanos montre la répétition constante et périodique des mêmes éléments, c'est-à-dire juxtaposition pure et simple de courbes de secousses simples constituant le tétanos. Les oscillations de la courbe électrophysiologique sont toutes semblables; l'ECG physiologique, au contraire, montre des oscillations types différentes les unes des autres.

Le tétanos expérimental suppose une série d'excitations rythmiques se succédant en un temps très court. Or le myocarde répond par une systole complète à une excitation unique. En excitant, *in situ*, un cœur d'un chien arrêté par excitation de X par un choc, on a une pulsation complète partant de l'endroit excité. « Dans l'hypothèse d'un tétanos, dit Henri Fredericq, le fait que les traces mécaniques de l'électrophysiogramme de la contraction se simplifient sous l'influence d'un déficit de la nutrition est difficilement excitable. On se représente mal comment une forme de contraction due à des excitations multiples (tétanos) pourrait se transformer en une forme de contraction due à une excitation unique. »

[1] Séance du 10 octobre 1927.

Tous ces faits s'expliquent facilement, si l'on considère que l'excitant normal de la contraction qui traduit son action par des phénomènes électriques naît dans les différeutes parties du cœur pour agir sur les éléments musculaires de la façon que nous allons décrire en nous appuyant sur nos recherches électrocardiographiques. Si nous nous rappelons les différences qui existent entre l'ECG du cœur arrêté et du cœur qui se contracte, nous



savons que l'onde T du cœur arrêté est beauconp plus haute et souvent plus brève que celle du cœur qui se contracte; quelquefois, cependant, elle est plus élevée et déployée. L'onde T augmente donc quand la contraction cardiaque diminue et elle s'abaisse quand la contraction est plus forte (caféine, massage, etc.). Elle progresse plus lentement dans le cas d'activité musculaire. Pendant ce temps, R ne change pas; le muscle n'est donc pour rien dans sa formation puisqu'elle existe quand la contraction n'a pas lieu. Lorsque la contraction se fait elle ne change pas. Quel est donc son rôle? Il ne peut être que celui d'excitant de la systole qui lui succède immédiatement, mais la systole persiste un temps pendant lequel on voit T s'élever lentement et faiblement. T est l'excitation qui succédant à celle de la systole intervient, pour la maintenir, par excitation continue au moment précis où la période réfractaire allait cesser. Cette contraction se continue jusqu'à ce que l'excitation soit terminée; alors la diastole apparaît. On ne voit pas pendant ce temps de variations négatives ni d'oscillations de la courbe, parce que ce sont là des phénomènes microscopiques pourrait-on dire; cependant, leur action n'est pas nulle, puisque T s'abaisse. On n'aurait aucune de ces modifications dans le cas d'une contracture vératrinique simple.

On n'accroît ni l'ascension brusque ni le relâchement bref de la systole. La complexité de la courbe ECG comparée à l'électrogramme du tétanos tient à la diversité et au nombre des excitations successives et des conditions dans lesquelles se font les excitations. Ces excitations spécifiques peuvent

naître en tous les points du cœur irrités; les éléments excitants transforment ainsi une excitation simple en une excitation continue. La période réfractaire est celle pendant laquelle l'excitant se reforme, elle n'a pas le caractère tranché que certains auteurs veulent lui attribuer. L'excitant spécifique peut agir pour maintenir la contraction quand il agit au moment où le muscle contracté se relâche, les extrasystoles le montrent également. Les différences entre les ondes de l'ECG montrent la dissociation différente des fonctions excitantes et contractiles dans les diverses régions du cœur. Peu marquée aux oreillettes l'onde P est petite comme celle du cœur embryonnaire; complète au nœud de Tawora elle se marque par l'onde R. Aux Purkinje elle est également nette mais la forme des éléments et leurs rapports immédiats et nombreux avec les fibres musculaires les fait influençables à la compression par la contraction. Du nœud de Kath et Flack aux fibres de Parkinje la même excitation se fait mais elle naît dans des parties plus différenciées en certains endroits et les effets de la contraction sur les phénomènes électriques de l'excitation sont différents en raison de la nature ou de la disposition des éléments cellulaires dans lesquels se produisent l'excitant et la contraction.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de la spartéine sur l'action cardiaque de l'adrénaline : syncope* adrénalino-spartéinique. Note de M. **Fernand Mercier**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans des recherches antérieures ([1]), nous avons montré que, chez le chien, la spartéine, injectée par voie intraveineuse aux doses d'au moins $0^g,02$ par kilogramme d'animal, exerce un effet curarisant sur le cœur et soustrait cet organe à toute action nerveuse extrinsèque, l'excitation des nerfs cardio-modérateurs et cardio-accélérateurs étant alors inefficace.

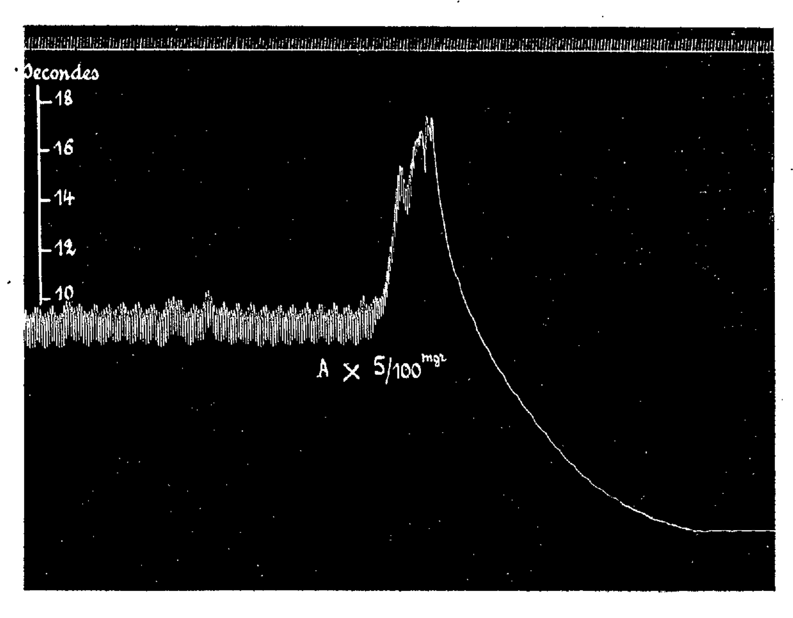
Il nous a paru intéressant de rechercher l'influence de ces doses curarisantes de spartéine sur l'action cardio-vasculaire de l'adrénaline et nous avons constaté que, chez le chien spartéiné, l'injection intraveineuse d'adrénaline provoque fréquemment une syncope cardiaque définitive. La présente Note a pour objet l'étude de cette syncope *adrénalino-spartéinique*.

Nous avons effectué cette étude sur des chiens chlroralosés auxquels nous avons injecté des doses variables de sulfate de spartéine ([2]) (de $0^g,005$ à

([1]) Fernand Mercier et L.-J. Mercier, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 339 et 1468.

([2]) Nous avons utilisé dans nos expériences du sulfate de spartéine Houdé.

$0^g,20$ par kilogramme). Dans ces conditions expérimentales très différentes, nous avons recherché l'effet produit par l'injection intraveineuse d'une dose fixe de chlorhydrate d'adrénaline de $\frac{5}{100}$ de milligramme (5^{cm^3} d'une solution contenant $0^{mg},01$ par centimètre cube), dose moyenne bien inférieure à la dose toxique mortelle, par voie intraveineuse, chez le chien normal.



Chien 10^{kg}, chloralosané, pression artérielle enregistrée par le manomètre à mercure; tracé réduit de $\frac{1}{3}$. Après trois injections successives de $0^g,01$ de sulfate de spartéine par kilogramme (soit au total $0^g,03$ par kilogramme) on injecte en A, dans la saphène, $\frac{5}{100}$ de milligramme de chlorhydrate d'adrénaline : *syncope adrénalino-spartéinique*.

Il nous a semblé logique de rapprocher la syncope adrénalino-spartéinique de la syncope adrénalino-chloroformique de Bardier et Stillmunkès (1) et de fixer les points communs et les dissemblances entre ces deux syncopes.

Les phénomènes communs aux deux syncopes sont les suivants :

1° L'arrêt cardiaque survient, après une phase d'hypertension plus ou moins marquée, 20 à 30 secondes environ après l'injection intraveineuse d'adrénaline;
2° Les mouvements respiratoires persistent 1 à 2 minutes après l'arrêt du cœur;
3° La syncope peut se produire après section des nerfs pneumogastriques;
4° La syncope est due à la fibrillation ventriculaire.

---

(1) Bardier et Stillmunkès, *C. R. Soc. Biol*, 86, 1922, p 321; *Arch. internat. Pharmacod. et Thérapie*, 27, 1923, p. 375.

Mais, alors que la syncope adrénalino-chloroformique est, d'après Bardier et Stillmunkès, constante chez le chien et indépendante de la quantité de chloroforme inhalée par l'animal, la syncope adrénalino-spartéinique ne se produit que lorsque le chien a reçu des doses suffisamment élevées de sulfate de spartéine (au moins $0^g,025$ par kilogramme) et sa fréquence est seulement de 50 pour 100 des animaux expérimentés.

Chez le chien ayant reçu une dose de sulfate de spartéine inférieure à $0^g,025$ par kilogramme, l'injection intraveineuse de $\frac{5}{100}$ mg d'adrénaline ne provoque pas l'arrêt cardiaque ; on observe alors un accroissement et une prolongation de l'effet hypertenseur normal de cette amine. Si l'on injecte alors de nouvelles doses de spartéine atteignant $0^g,004$ et plus par kilogramme, l'injection ultérieure d'adrénaline ne produit généralement plus l'arrêt cardiaque, le cœur semblant être protégé par les premières injections d'adrénaline, — nous avons cependant noté la syncope cardiaque lors de la cinquième injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline chez un chien ayant reçu $0^g,04$ de sulfate de spartéine par kilogramme, alors que les quatre premières injections d'adrénaline avaient été inoffensives pour le cœur.

En résumé :

Chez le chien spartéiné (plus de $0^g,02$ par kilogramme) l'injection intraveineuse de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline peut provoquer une syncope cardiaque définitive.

Cette syncope adrénalino-spartéinique, qui survient chez 50 pour 100 des animaux expérimentés, est d'origine périphérique et semble due, comme la syncope adrénalino-chloroformique, à une sensibilisation du muscle cardiaque à l'action toxique de l'adrénaline.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Différenciation des protéides du sérum sanguin.* Note [1] de MM. **A. Vila** et **R. Ancelle**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. Les procédés de séparation des protéides du sérum ou des autres liquides de l'organisme, qu'il s'agisse des méthodes classiques par addition de sels neutres ou de la méthode à l'acétone [2], donnent communément des

(1) Séance du 7 novembre 1927

(2) Piettre et Vila, *Sur la séparation des protéines du sérum* (*Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1466).

fractions intermédiaires entre la globuline et l'albumine, difficiles à caractériser quand on ne tient pas compte de leur composition chimique.

Afin de préciser la nature de ces substances, nous avons déterminé les teneurs en soufre, en phosphore et les cendres des principales fractions d'une séparation de protéides, par la méthode à l'acétone, procédé qui pour ces recherches offre l'avantage de n'ajouter aucun élément étranger aux corps étudiés. Ces dosages ont permis de suivre les étapes des purifications et de définir les produits typiques ou leurs complexes.

Deux sérums normaux de cheval, A et B, ont été utilisés; ils ont donné à l'analyse des chiffres voisins dont les moyennes ci-dessous caractérisent notre matériel de départ :

Matière sèche à 110° de 100$^{cm^3}$ de sérum........................		8^g,75
renfermant : P 0,16 %; S 1,14 % de la matière sèche.		
Matières minérales insolubles dans l'eau..............	0,70 %	9,80 % de la matière sèche
renfermant : CaO 0,20 %; MgO 0,07 %; P^2O^5 0,31 %.		
Matières minérales solubles dans l'eau..................	9,10 %	
renfermant : NaCl 8,50 %; CO^3Na^2 0,10 %.		

Pour les dosages de soufre et de phosphore, la matière organique a été détruite sans perte à l'aide d'un appareil à récupération des produits volatils déjà décrit ([1]). Le soufre total a été déterminé par pesée du sulfate de baryum. Le phosphore était déduit du dosage volumétrique du molybdène ([2]), provenant du précipité obtenu par addition d'un réactif molybdique au liquide examiné.

II. Les protéides du sérum, après trois précipitations successives à l'acétone, ont été réunis dans une solution dont le pH est resté voisin de celui du sérum initial, environ 7,7; ils sont caractérisés par les chiffres suivants :

([1]) A. VILA et R. ANCELLE, *Appareil et procédé pour minéraliser les matières organiques* (*Bull. de la Soc. Ch. Biol.*, 9, III, mars 1927, p. 340).

([2]) A. VILA, *Dosage de petites quantités de molybdène* (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1219).

Pour 100^{cm^3} de sérum.	Protéides A.	Protéides B.	
Matière sèche à 110°	$6^g,20$	$6^g,29$	
P total dans la matière sèche	0,04 %	0,04 %	de la matière sèche.
S total dans la matière sèche	1,26 »	1,27 »	
Matières minérales incinérées	1,92 »	2,01 »	
Renfermant : NaCl	0,12 »	0,09 »	
» CO^3Na^2	0,54 »	0,59 »	
» CaO	— »	0,20 »	

L'abaissement de la teneur en phosphore montre le départ des lipoïdes pendant le fractionnement. La déminéralisation partielle est dominée par la quasi-disparition du chlorure de sodium et par la persistance d'une quantité non négligeable de sodium et de calcium étroitement associés aux protéides. On remarquera également que les protéides déminéralisés ont une teneur en soufre supérieure à celle de la matière sèche du sérum. Cet élément semble entièrement fixé par les protéides; son dosage peut donc apporter des renseignements utiles pour les différencier.

III. Par acidification du milieu, le pH étant amené de 7,7 à 6,5, les protéides déminéralisés du sérum se séparent en deux groupes : l'insoluble contenant principalement la globuline; le soluble très riche en albumine.

La purification de la globuline, dissoute en milieu alcalin, par floculations successives à l'aide d'un acide, cède de l'albumine qui est ajoutée aux protéides solubles. Après quelques floculations, la globuline ne contient plus que 0,8 à 1 pour 100 de soufre.

Les protéides solubles réunis sont précipités par l'acétone et repris par l'eau. Cette opération libère de la sérum-albumine à haute teneur en soufre et laisse insoluble une fraction dénommée provisoirement par M. Piettre myxoprotéine [1], qui possède bien certains caractères de la globuline, mais dont la teneur en soufre se trouve comprise entre celles de la globuline et de l'albumine.

Nous avons trouvé que cette substance, soumise à de nouveaux fractionnements, comprenant notamment une décalcification aussi poussée que possible, obtenue en utilisant l'acide oxalique comme agent de floculation, se partage en cédant de l'albumine à haute teneur en soufre et de la globuline à teneur typique. Ce dédoublement se trouve démontré par les résultats résumés ici, rapportés à 100^g de protéides secs du sérum :

---

[1] M. Piettre, *Arch. de l'Institut Vital Brazil*, 1, 1; 2, 11, 1923.

	S pour 100.	P pour 100.	Cendres pour 100.
Albumine du sérum A précipitée 7 fois	1,84	0,04	1,15
Albumine du sérum B précipitée 7 fois	1,85	0,03	0,64
Globuline du sérum A floculée 5 fois	0,90	0,01	»
Globuline du sérum B floculée 11 fois	1	0,02	0,40
« Myxoprotéine » du sérum B	1,45	0,05	0,63
Albumine de la « myxoprotéine » du sérum B	2	0,02	0,30

Un phénomène analogue doit vraisemblablement se produire avec la pseudoglobuline et l'euglobuline des fractionnements obtenus par les sels neutres; c'est ce que nous nous proposons de vérifier.

Conclusions. — Le dosage du soufre apporte un renseignement commode pour la définition des fractions de la séparation des protéides. Il permet de suivre la purification des deux protéides principaux du sérum et de les différencier de leurs complexes à teneur en soufre intermédiaire.

Par la méthode à l'acétone, un de ces complexes a été séparé en sérum-albumine et sérum-globuline à teneurs en soufre très différentes; ce complexe peut donc être considéré comme formé par l'association des deux protéides, stabilisés par les bases alcalines et alcalino-terreuses, qu'il suffit d'éliminer en partie pour permettre la scission signalée.

ZOOLOGIE. — *Les Copépodes du lac de Tunis*. Note de Mme **Heldt**, présentée par M. L. Joubin.

Nous avons entrepris à la Station Océanographique de Salammbô des recherches sur le plancton de la partie nord du lac de Tunis. Ces recherches ne sont qu'un chapitre d'une étude plus vaste sur l'hydrologie de cette nappe d'eau et la biologie des espèces qui y vivent, étude justifiée par la grande richesse ichthyologique du lac et facilitée par son exploitation en régie par l'État.

Le Lac. — La partie nord du lac de Tunis (Chott el Bahira), séparée de la partie sud par le canal de La Goulette à Tunis, s'étend à l'ouest de Tunis sur une superficie de plus de 30^{km^2}. Sa profondeur ne dépasse en aucun point 1^m. Elle communique avec la mer aux deux extrémités du canal, à Tunis et à la Goulette. Des bordigues sont établies à ces deux endroits où la pêche est faite activement pendant dix mois de l'année. Les fonds sont presque partout vaseux et recouverts d'une abondante végétation d'algues,

avec des Ulves particulièrement denses à l'endroit où se déversent les égouts de la ville; pourtant on trouve des fonds propres et durs dans la partie nord-est vers El-Aouina.

Opérations et moyens d'investigation. — De janvier 1925 à juillet 1927, 35 pêches de plancton ont été effectuées, tant dans le lac qu'aux bordigues. Nous avons exploré le lac à bord d'un hydroglisseur, appareil à déplacement rapide, qui permettait de prélever des échantillons et d'effectuer des pêches à peu de temps d'intervalle en des points très éloignés les uns des autres.

Composition générale du plancton. — Le plancton ainsi recueilli s'est toujours montré très peu abondant. On y rencontre des Diatomées, des Péridiniens, ceux-ci nombreux dans certaines pêches, des Infusoires et Rotifères relativement abondants parfois, les Copépodes y sont plutôt rares; nous avons capturé des alevins de poissons avancés en développement et, bien que les récoltes portent sur presque tous les mois de l'année, jamais d'œufs. Lorsque, par suite du peu de profondeur, le filet draguait sur le chevelu des algues, le flacon contenait de nombreux Gastéropodes (*Paludestrina Salinesii* Calcara), des Lamellibranches (jeunes *Cardium*), des Ostracodes, des Amphipodes et des Schyzopodes.

Étude des Copépodes. — Toutes les espèces rencontrées ont été déterminées pour une étude comparée avec les formes marines et celles vivant dans la partie sud du lac.

Nous avons trouvé jusqu'à présent 19 espèces se répartissant dans 14 genres :

CYCLOPOIDA	*Oithona spinirostris* Claus, *Oithona nana* Giesbrecht, *Cyclopina longicornis* Bœck, *Cyclopina gracilis* Claus, *Cyclopina Norvegica* Bœck, *Corycœus elongatus* Claus.
CALANOIDA	*Paracalanus parvus* Claus, *Centropages brachiatus* Dana, *Temora longicornis* Müller, *Acartia Clausii* Giesbrecht, *Acartia verrucosa* Thompson.

HARPACTICOIDA .... { *Harpacticus chelifer* Müller, *Harpacticus gracilis* Claus, *Parategastes sphericus* Claus, *Idyœa furcata* Baird, *Ameira tau* Giesbrecht, *Laophonte Strömi* Baird, *Metis ignea* Phil., *Euterpina acutifrons* Dana.

En conclusion : les Copépodes de la partie nord du lac de Tunis, très peu abondants dans le plancton, s'y trouvent représentés surtout par des espèces de petite taille, particulièrement eurythermes et euryhalines et où les formes de fond dominent.

Les Calanoïdes y sont rares, sauf *Acartia* qui se rencontre à peu près toute l'année en nombre relativement important dans certaines pêches. *Cyclopina* et *Oithona*, parmi les Cyclopoïdes, font également partie de la faune normale du lac, car on les y trouve en toutes saisons. Mais ce sont surtout les Harpacticoïdes qui constituent la dominante de la population copépodique du lac de Tunis, tant par la variété des espèces que par le nombre des individus.

PHYSIOTHÉRAPIE. — *Une nouvelle méthode de dosimétrie des bains de soleil.* Note (¹) de M. **P. I. Mezernitzky**, présentée par M. d'Arsonval.

A partir du mois de juin 1926, nous avons introduit à Yalta une nouvelle méthode de dosimétrie de l'énergie solaire; cette méthode a été depuis étendue à certains autres établissements de la Crimée et du Caucase.

Pour évaluer un bain de soleil, nous avons pris pour unité une petite calorie pour 1^{cm^2} de surface du corps.

Près de soixante observations, faites tant à Yalta qu'à Eupatoria, nous ont montré que de nombreux processus biologiques de l'organisme (variations du K, du Ca, du sucre dans le sang, de la densité du sérum, du pH, de la fraction albuminoïde, des ferments du sang, etc.) sont très sensibles aux variations des doses de l'énergie solaire (considérée comme un tout); suivant le processus qui se poursuit dans les

(¹) Séance du 7 octobre 1927.

poumons ou suivant l'état général de l'organisme, un dosage imprudent peut causer un mal considérable.

Aussi nous sommes-nous appliqué à déterminer le plus exactement possible la quantité d'énergie solaire employée.

A l'aide de l'actinomètre de Michelson, qui se trouve toujours exposé au soleil, nous calculons le nombre de calories tombant sur 1^{cm^2} d'une surface perpendiculaire au sol. Cette valeur est fonction de la transparence de l'air et de la hauteur du soleil, celle-ci augmentant jusqu'à midi-1 heure, avec des variations de $0^{cal},6$ à $1^{cal},36$, puis diminuant graduellement.

Les déterminations étaient poursuivies pendant 5 minutes, puis une moyenne des 5 mesures était prise. Pour déduire les données tirées de la position perpendiculaire au faisceau lumineux les valeurs correspondant à la position horizontale (celle du corps humain couché), on se servait de la formule

$$Q = Q \text{ horizont.} \times \sin\alpha \qquad (\text{où } \alpha = \text{la hauteur du Soleil}).$$

La quantité totale des calories reçues par le corps peut être déterminée d'après l'ombre projetée par lui et reportée sur le papier; la technique de ces calculs ne sera d'ailleurs complètement élaborée que pendant l'été 1928.

Une série de mesures faites avec l'actinomètre de Michelson nous a montré que la quantité de calories que reçoit pendant 5 minutes une surface de 1^{cm^2} varie avec l'heure du jour et la saison (pour la même heure) dans les limites qui peuvent atteindre 300 pour 100.

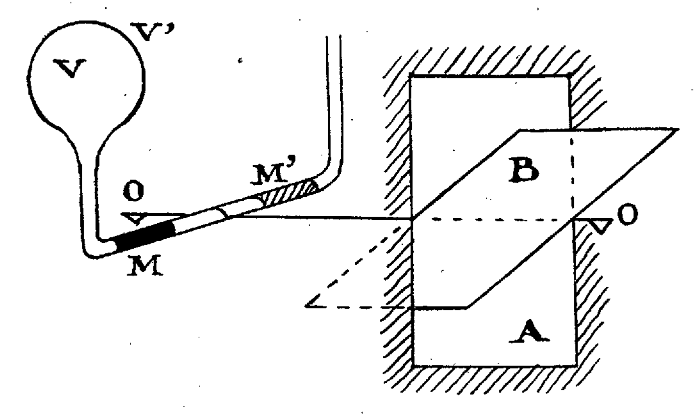
La nouvelle méthode permet d'éviter ces variations, qui pourraient être très nuisibles pour les malades sensibles. Elle permet, de plus, de comparer les bains de soleil en n'importe quels points du globe, en évaluant leur radiation intégrale, c'est-à-dire la quantité totale de calories (radiation intégrale) fournie par un faisceau de rayons solaires.

Le professeur Kartchaguine vient de terminer la différenciation de la radiation solaire totale, de sorte qu'il nous est possible maintenant, en prescrivant un bain de soleil d'un nombre de calories connu, d'y déterminer le pourcentage des rayons infrarouges et ultraviolets.

Après une pratique de deux années de cette dosimétrie exacte, nous avons pu aborder le problème du dosage exact des bains de soleil; un travail ultérieur, accompagné de tables, rendra compte des résultats obtenus.

HYGIÈNE. — *Ventouse automatique pour la ventilation naturelle permanente des locaux.* Note (¹) de MM. **Paternot**, **Maillet** et **Rehm**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons réalisé un appareil simple, appelé Renovair, qui règle automatiquement l'ouverture des bouches d'air et autres orifices de ventilation, en fonction de la température de l'ambiance dans le voisinage de l'appareil. La figure 1 en trace le schéma.



Il se compose d'un conduit A, pouvant être obstrué par le déplacement d'un volet oscillant B, en équilibre indifférent. L'axe O-O' de ce volet est manœuvré par un thermostat C, à bascule, monté comme le fléau d'une balance, dont le centre de gravité pourrait se déplacer horizontalement en fonction de la température ambiante. Suivant qu'il se trouve à droite ou à gauche du point d'oscillation, le volet B ouvre ou ferme l'orifice A.

On a adopté le thermomètre à gaz avec un curseur de mercure à cause de son extrême sensibilité et du couple relativement important que le déplacement du curseur développe autour de la température utile et seulement dans l'intervalle nécessaire. Dans le schéma on a désigné par V la capacité d'air à la pression atmosphérique emprisonnée derrière le curseur de mercure M à T°, V' et M' les mêmes éléments variables à $T + t^0$. On a, en appelant α le coefficient de dilatation cubique du vase, et pendant le déplacement du curseur suivant une horizontale,

$$V' = V\left[1 + \left(\frac{1}{273} - \alpha\right)t\right].$$

(¹) Séance du 14 novembre 1927.

Les déplacements de M en M′ changent l'équilibre du système C qui manœuvre le volet B.

Par sa forme en U, le thermostat C, participe du thermomètre et du baromètre. Il est en effet utile de n'agir que pendant la période de variation nécessaire au mouvement, en deçà et au delà, la capacité V, se modifie suivant une loi exponentielle qui évite les grands mouvements de mercure. La figure 2 exprime l'allure des variations du couple moteur. L'appareil se règle en déplaçant une tare.

A 15ʰ45ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ30ᵐ.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 24 octobre 1927.)

Note de MM. *D. Mirimanoff* et *R. Docaz*, Les épreuves répétées et les formules de Laplace :

Page 828, ligne 11, *au lieu de* $p\sqrt{z}$ et $q\sqrt{z}$, *lire* $p\sqrt{2}$ et $q\sqrt{2}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 20 novembre 1927, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Albert Calmette** pour occuper, dans la Section d'Économie rurale, la place vacante par le décès de M. *G. André*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Albert Calmette** prend place parmi ses Confrères.

M. **Émile Picard** signale un complément aux *Œuvres de* Halphen, formé d'extraits de lettres à Sylvester se rapportant à la théorie des invariants différentiels. Ils sont au nombre de trois, intitulés : *Sur l'équation différentielle des coniques; Sur l'existence des invariants; Sur les invariants d'homologie*, et proviennent de lettres écrites par Halphen en 1885 et 1886.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des chlorures d'acides sous pressions réduites. Méthode de préparation des aldéhydes.* Note (¹) de MM. **V. Grignard** et **G. Mingasson**.

L'un de nous a déjà montré (²) le grand intérêt que présentait, dans certains cas, l'hydrogénation catalytique, sous pression réduite, en permettant

(¹) Séance du 21 novembre 1927.

(²) V. Grignard et Escourrou, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 93; 180, 1925, p. 1883.

d'isoler des phases intermédiaires de la réduction auxquelles les méthodes habituelles ne permettent pas de s'arrêter.

Nous nous proposons dans cette Note d'examiner le cas des chlorures d'acides.

Le remplacement de l'halogène de ce groupement fonctionnel par un atome d'hydrogène, pour obtenir l'aldéhyde correspondant, est, malgré sa simplicité apparente, une opération fort délicate en pratique. Que l'on emploie les anciens procédés de réduction, par l'hydrogène naissant, ou les procédés catalytiques, on se heurte toujours à la fragilité de la fonction aldéhyde, à sa facile réduction, à sa grande aptitude à se condenser ou à se résinifier. Il faut encore ajouter à ces inconvénients l'action dédoublante des catalyseurs qui décomposent les chlorures d'acides aussi bien que les aldéhydes avec dégagement d'oxyde de carbone ([1]).

En fait, on ne connaît actuellement qu'une seule méthode de réduction des chlorures d'acides qui donne des résultats satisfaisants; c'est celle de Rosenmund ([2]) qui opère en milieu liquide sur le palladium empoisonné par de la quinoléine sulfurée. Encore cette méthode semble-t-elle être d'application fort délicate.

Nous avons étudié l'hydrogénation catalytique de ces composés, par voie sèche, sur le nickel, puis sur l'oxyde de platine ([3]).

Nous n'avons trouvé dans la littérature aucune mention d'essai catalytique par voie sèche, en dehors d'une vieille expérience de Kolbe et Saytzeff ([4]), qui essayèrent, bien avant l'évolution de la catalyse, de réduire le chlorure de benzoyle, à chaud, sur du palladium. Ils ne purent, d'ailleurs, déceler le benzaldéhyde que par son odeur et la recoloration du réactif de Schiff.

Nous avons donc essayé d'opérer d'abord à la pression ordinaire.

I. *Réductions sur le nickel.* — A 220°, sous la pression ordinaire, le catalyseur est rapidement transformé en chlorure et la réduction s'arrête complètement.

A 300°, température un peu supérieure à celle de dissociation du chlorure de nickel, la réduction se poursuit avec dégagement de HCl et

([1]) Sabatier et Senderens, *Ann. Ch. et Phys.*, 4, 1905, p. 474; — Mailhe, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1111.

([2]) *D. ch. Ges.*, 54, 1921, p. 425; 55, p. 609.

([3]) *J. pr. Ch.*, 4, 1871, p. 418.

([4]) Pour les détails opératoires, voir la Thèse de M. Mingasson, Lyon, novembre 1927.

de CO. On obtient du benzène, du toluène, de l'acide benzoïque et seulement des traces de benzaldéhyde; pas d'alcool benzylique. Le benzaldéhyde engendré est donc, au fur et à mesure, partiellement dédoublé en CO et benzène, tandis que le reste est hydrogéné jusqu'au toluène. Ceci est conforme aux résultats obtenus par Sabatier en essayant de réduire le benzaldéhyde [1].

Au contraire, à la même température (que l'on ne peut abaisser), mais sous des pressions comprises entre 50 et 300^{mm}, nous avons obtenu le benzaldéhyde, à côté d'acide benzoïque, avec des rendements de l'ordre de 60 pour 100.

Nous avons reconnu, de plus, qu'on obtenait sensiblement les mêmes résultats en employant tout simplement comme catalyseur le chlorure de nickel.

Cependant, ces méthodes ne s'appliquent pas aux chlorures d'acides à caractère aliphatique. Des essais sur les chlorures de phénylacétyle et d'isocaproyle ont montré que l'aldéhyde engendré est presque entièrement décomposé ou résinifié.

II. *Réductions sur l'oxyde de platine.* — Nous avons pensé qu'un catalyseur inattaquable par l'acide chlorhydrique nous permettrait d'opérer à température plus basse et d'éviter les phénomènes secondaires précédents. Nous avons choisi l'oxyde de platine de Voorhes et Adams [2] dont Grignard et Escourrou [3] avaient reconnu les excellentes qualités en système gazeux. C'est un catalyseur moins énergique que le nickel et qui convient parfaitement ici.

Nous l'avons étudié, sous la pression ordinaire et sous pressions réduites, sur les chlorures de benzoyle, de phénylacétyle, de phénylpropionyle, d'isocaproyle et d'isovaléryle.

A la pression ordinaire, il faut opérer à température un peu plus élevée que sous pression réduite, sans avoir à dépasser 250°. On constate que la réduction marche régulièrement, mais va un peu trop loin. Ainsi avec le chlorure de benzoyle, à 250°, on obtient très peu de benzaldéhyde à côté de beaucoup de toluène et d'acide benzoïque.

(1) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 761. Nous avons reconnu qu'à 150°, sous 100^{mm}, on transformait sur le nickel 67 pour 100 de benzaldéhyde en alcool benzylique, sans production de carbures.

(2) *J. Am. ch. Soc.*, 44, 1922, p. 1397. Sans doute le noir de platine nous eût donné les mêmes résultats, nous ne l'avons pas essayé

(3) *Loc. cit.*

Le chlorure de phénylacétyle, à 200°, donne une faible quantité d'aldéhyde et d'alcool phényléthyliques; le produit principal est un corps cristallisé (F. 41-42°) que nous avons identifié avec celui obtenu, dans des conditions peu différentes, par Braun et Kochendœrfer [1]

$$C^6H^5.CH^2.CH(OH).CH^2.CH^2.C^6H^5.$$

Il est probable qu'une hydrogénation peu active donne la pinacone de l'aldéhyde qui perd H^2O et fixe enfin H^2.

Le chlorure de phénylpropionyle se réduit convenablement à 225-230°. 10g de chlorure ont fourni 5g d'aldéhyde phénylpropylique et 2g de chlorure inaltéré.

Avec les chlorures d'acides aliphatiques en C^5 et C^6, il y a des pertes importantes dues à l'entraînement par l'acide chlorhydrique, mais on ne trouve que l'aldéhyde correspondant et du chlorure inaltéré; il n'y a pas d'alcool.

En opérant sous pressions réduites, les résultats sont, en général, bien meilleurs.

A 225°, sous 140mm, on a réduit, en benzaldéhyde, 60 pour 100 du chlorure de benzoyle, et le reste se retrouve intégralement, inaltéré.

A 200°, sous 400mm, le chlorure de phénylacétyle donne environ 50 pour 100 d'aldéhyde, le reste n'est pas modifié. Dans les mêmes conditions, le chlorure de phénylpropionyle n'a donné que 20 pour 100 d'aldéhyde, sans autre modification. Pour les chlorures aliphatiques, les pertes par entraînement, dans le vide [2], n'ont pas permis d'évaluer le rendement, mais le même fait reste acquis : la réduction s'arrête à l'aldéhyde et le chlorure d'acide non réduit se retrouve sans altération.

Il y a lieu évidemment d'étudier les conditions optima de ces hydrogénations. Mais on peut penser, dès à présent, que nous sommes en présence d'une méthode générale, d'application facile, qui permettra de passer de la fonction acide à la fonction aldéhyde avec de bons rendements.

Sir **Almroth E. Wright** fait hommage à l'Académie de ses Ouvrages : *On Pharmacotherapy and Preventive Inoculation applied to Pneumonia in the African Native; Technique of the Teat and Capillary Glass Tube; A Short Treatise on Anti-typhoid Inoculation; The Unexpurgated Case against Woman Suffrage.*

---

(1) *D. ch. Ges.*, 56, 1923, p. 2171.

(2) Il eût fallu refroidir fortement avec neige carbonique ou air liquide

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Picard**, **J. Perrin**, **A. Cotton**, pour la Division des Sciences mathématiques; **L. Guignard**, **A. Lacroix**, **F. Mesnil**, pour la Division des Sciences physiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Walcott*.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Ch. Moureu** et **Marcel Brillouin** sont réélus membres du Conseil d'administration de la *Fondation Edmond de Rothschild*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Henri-Robert Dubois** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 7 novembre 1927 et inscrit sous le n° 9900.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé *Générateur électrochimique pour traction dit « accumulateur léger »*.

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

M. **Louis Roy**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse ses remercîments à l'Académie.

L'**Académie Royale des Lincei** fait hommage à l'Académie du volume cinq des *Opere di* Alessandro Volta.

Le **Conseil de la Société Chimique de Pologne** invite l'Académie à se faire représenter à une séance solennelle qui sera tenue, en l'honneur du 100[e] anniversaire de la naissance de *Marcelin Berthelot*, le 15 décembre 1927.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Description des Mammifères tertiaires de Chine et de Mongolie*, par P. Teilhard de Chardin.

2° *Les Mammifères de l'Éocène inférieur de la Belgique*, par P. Teilhard de Chardin.

3° *Étude géologique sur la région du Dalai-Noor*, par P. Teilhard de Chardin.

4° Louis Roule. *Les Poissons et le monde vivant des eaux. Études Ichthyologiques.* Tome second. *La vie et l'action.* (Présenté par M. Louis Mangin.)

5° *Atlas géographiques* rédigés sous la direction de J. M. Schokalsky (en russe). (Présentés par M. Ch. Lallemand.)

6° Henri de Varigny. *La Mort et le Sentiment.* (Présenté par M. Charles Richet.)

7° *Conditions techniques du* Bureau Veritas *pour les matériaux non destinés aux Constructions navales*, 1927. II. (Présenté par M. L. Guillet.)

8° *Notes éthologiques sur la Faune marine sessile des environs de Roscoff.* II. *Spongiaires, Tuniciers, Anthozoaires, associations de la Faune fixée*, par Marcel Prenant. (Présenté par M. F. Mesnil.)

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'applicabilité projective des hypersurfaces développables.* Note de M. **Alexandre Pantazi.**

La C_{24} [1] entre deux développables (s) et (S) d'un E_n dépend, quel que soit n, d'une fonction arbitraire d'un argument. Elle est complètement déterminée par une correspondance ponctuelle arbitraire entre leurs arêtes de rebroussement (γ) et (Γ).

D'un autre côté les $C_{2,n+2}$ et $C_{n-1,n+1}$ entre (γ) et (Γ) dépendent éga-

---

[1] Cf. L. Féraud, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1630.

lement chacune d'une fonction arbitraire d'un argument et les transformations projectives $\mathfrak{T}_1$ et $\mathfrak{T}_2$ qui réalisent ces deux applications définissent deux correspondances bien déterminées entre (s) et (S) que nous désignerons par (T_1) et (T_2).

$\mathfrak{T}_1$ et $\mathfrak{T}_2$ déterminent également des correspondances bien définies entre les E_{n-1} (en désignant en général par E_i un élément plan à i dimensions de E_n) passant par la tangente, d'où l'on déduit, par dualité, deux correspondances nouvelles (T_3) et (T_4) entre (s) et (S), dépendant d'une fonction arbitraire d'un argument.

Si m et M sont deux points correspondants de (γ) et (Γ) et P, P_1, P_2, P_3, P_4 les points de (S) qui se déduisent d'un même point p de (s) par les correspondances C_{24}, (T_1), (T_2), (T_3) et (T_4) respectivement, on a les théorèmes suivants :

1° P, P_1, P_2, P_3, P_4 sont dans un même E_{n-3} passant par le E_{n-4} osculateur à (Γ) en M.

2° Pour $n=4$, P_1 et P_3 sont confondus, les cinq points M, P, P_1, P_2, P_4 sont sur une même droite et les rapports anharmoniques de quatre quelconques de ces cinq points sont des nombres fixes.

3° Pour $n \geq 5$, le E_{n-4} osculateur et trois quelconques des E_{n-4} passant par le E_{n-5} osculateur et par un des points P, P_1, P_2, P_3 et P_4 forment des rapports anharmoniques numériques fixes.

4° Pour $n=5$, la droite P_1P_3 passe par M, la droite P_2P_4 coupe la tangente en M_1 et il existe une droite passant par P qui coupe P_1P_3, P_2P_4 et la tangente respectivement en Q_1, Q_2 et M_2, telle que les rapports anharmoniques $(MQ_1P_1P_3)$, $(M_1Q_2P_2P_4)$ et $(M_2PQ_1Q_2)$ sont des nombres fixes.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur le complexe flecnodal d'une surface réglée.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. On sait que Wilczynski [1] a appelé congruence flecnodale la congruence engendrée par la demi-quadrique Q osculatrice à une surface réglée non développable (g).

La demi-quadrique Q associée à la génératrice g renferme trois généra-

(1) Wilczynski, *Projective differential Geometry of Curves and ruled Surfaces*, p. 175 à 220.

trices successives infiniment voisines g, g_1, g_2; la demi-quadrique Q_1 associée à g_1 renferme g_1, g_2, g_3; par suite Q et Q_1 ont en commun g_1 et g_2. Autrement dit Q a pour caractéristique deux droites confondues avec g. Les droites de la demi-quadrique Q′ complémentaire de Q rencontrent g, g_1, g_2; les droites de Q'_1 rencontrent g_1, g_2, g_3; donc Q′ et Q'_1 ont en commun les deux droites qui s'appuient sur g, g_1, g_2, g_3, droites qui s'appellent « tangentes flecnodales. Nous pouvons donc appliquer à la quadrique Q, Q′ les résultats d'une Note antérieure ([1]).

2. Nous avons vu qu'en général chaque demi-quadrique engendre une congruence W. Dans notre cas particulier, les droites de la demi-quadrique Q sont manifestement tangentes aux surfaces réglées (g'), (h'), engendrées par les deux tangentes flecnodales g', h'. D'où le résultat de Wilczynski que la congruence flecnodale est W, avec pour nappes focales les surfaces flecnodales.

Remarquons en outre que le complexe linéaire γ osculateur à la surface réglée (g) contient g, g_1, g_2, g_3, g_4 et par suite Q, Q_1, Q_2; donc ce complexe est osculateur à la congruence flecnodale.

3. Le complexe linéaire γ enveloppe un complexe que j'appellerai « complexe flecnodal ». D'après une Note antérieure ([2]) on a le théorème suivant :

Le complexe flecnodal est formé par l'ensemble des congruences linéaires dont les directrices sont deux tangentes flecnodales correspondantes; ce complexe admet sur chacune de ses droites deux foyers inflexionnels doubles qui sont situés sur les surfaces flecnodales.

4. Appliquons le théorème II de ma Note citée au paragraphe 1. Les surfaces (g') et (h') ont en commun la tangente flecnodale g; désignons par e et f leurs autres tangentes flecnodales respectives. Considérons la demi-quadrique R formée par les droites qui s'appuient sur g, e, f; cette demi-quadrique admet pour caractéristique les deux droites k et l qui sont communes aux demi-quadriques osculatrices à (g') et (h'); la demi-quadrique R engendre donc une congruence W à surfaces focales réglées (k) et (l).

On voit aisément que k et l sont tangentes à (g) et appartiennent au complexe γ; par suite ces droites touchent la surface (g) en deux points appelés *complex-points* par Wilczynski. Ce géomètre a démontré par le calcul que ces deux points sont conjugués harmoniques par rapport aux deux flecnodes. Cette propriété résulte d'ailleurs de ce fait qu'il y a une

---

([1]) Paul Mentré, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 462.
([2]) Paul Mentré, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 941.

correspondance involutive entre un point m variable sur g et le foyer n, par rapport à γ, du plan tangent en m, car dans l'homographie les deux flecnodes se correspondent d'une manière réciproque.

Donc, *les deux droites mobiles k et l, communes aux demi-quadriques mobiles osculatrices aux surfaces réglées (g') et (h'), rencontrent g en deux points conjugués harmoniques par rapport aux deux flecnodes. Ces droites sont les génératrices correspondantes des surfaces focales d'une congruence W et les directrices d'une congruence linéaire variable qui engendre un complexe à deux foyers inflexionnels doubles.*

5. Cherchons ce qui arrive lorsque γ devient spécial. Alors g' rencontre g, g_1, g_2, g_3, g_4; par suite g'_1 rencontre g_1, g_2, g_3, g_4, g_5. Donc les deux droites infiniment voisines g' et g'_1 s'appuient sur g_1, g_2, g_3, g_4. Par suite les deux tangentes flecnodales de g sont confondues avec la directrice g' de γ. Puisque g' rencontre cinq génératrices g, réciproquement g rencontre cinq génératrices g'. Autrement dit les surfaces (g) et (g') ont en commun une ligne flecnodale double. Les deux demi-quadriques osculatrices à (g) et à (g') sont manifestement complémentaires puisque g', g'_1, g'_2 s'appuient sur g, g_1, g_2. Ces propriétés ainsi établies sans calcul sont d'ailleurs classiques [1].

Ajoutons que la caractéristique de la quadrique Q, Q' est un quadrilatère aplati formé de deux droites doubles. Donc :

Lorsqu'une quadrique se déplace de manière à toucher la quadrique infiniment voisine le long de deux génératrices, le point commun à ces deux génératrices engendre une courbe qui est la ligne flecnodale double commune aux deux surfaces réglées engendrées par les deux génératrices.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution algorithmique générale du problème régulier de Riemann.* Note de M. **J.-A. Lappo-Danilevski**, présentée par M. Hadamard.

1° Dans une Note précédente [2], nous avons établi les expressions analytiques explicites d'*un* système de substitutions différentielles $U_1, U_2, \ldots, U_m$ et d'*une* base régulière correspondants : $\Phi_b(V_1, V_2, \ldots, V_m | x)$, appartenant au corps de Riemann $R(V_1, V_2, \ldots, V_m)$, déterminé par une configuration

(1) Tzitzéicà, *Géométrie différentielle projective des réseaux*, p. 41 et 42.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 528.

de points singuliers $a_1, a_2, \ldots, a_m$ et par un système de substitutions intégrales $V_1, V_2, \ldots, V_m$, en supposant ces dernières données *dans un certain voisinage de la substitution identique*. Nous allons construire les expressions analytiques explicites de *toutes* les bases régulières et de *tous* les systèmes de substitutions différentielles correspondants, les substitutions intégrales, à déterminants différents de zéro, étant données *arbitrairement*.

2° On peut démontrer qu'une base $Y(x)$, appartenant au corps de Riemann $R(V_1, V_2, \ldots, V_m)$, satisfaisant au système

$$\frac{dY}{dx} = \sum_{j=1}^{m} \frac{YU_j}{x - a_j} \tag{1}$$

et se réduisant à I pour $x = b$, admet les représentations

$$Y(x) = \left(\frac{x - a_j}{b - a_j}\right)^{W_j} \overline{Y}_j(x) \qquad (j = 1, 2, \ldots, m),$$

où les matrices $\overline{Y}_j(x)$ et $\overline{Y}_j(x)^{-1}$ sont holomorphes respectivement au voisinage des points a_j correspondants et où les « substitutions exposantes »

$$W_j = \frac{1}{2\pi i} \log V_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, m) \tag{2}$$

sont déterminées *d'une façon unique* par les substitutions différentielles $U_1, U_2, \ldots, U_m$, comme *fonctions entières* de ces substitutions :

$$W_j = \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1, 2, \ldots, m)} U_{j_1} U_{j_2} \ldots U_{j_\nu} \overline{P_b^{(j)}}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu}), \tag{3}$$

$$P_b^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu}) = \frac{1}{2\pi i} \sum_{\mu=1}^{\nu} \sum_{1 \leqq \varkappa_1 < \ldots < \varkappa_{\mu-1} \leqq \nu} \frac{(-1)^\mu}{\mu} P_b^{(j)}(a_{j_1} \ldots a_{j_{\varkappa_1}}) P_b^{(j)}(a_{j_{\varkappa_1+1}} \ldots a_{j_{\varkappa_2}}) \ldots P_b^{(j)}(a_{j_{\varkappa_{\mu-1}+1}} \ldots a_{j_\nu})$$

$P_b^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu})$ étant les paramètres de la configuration $a_1, a_2, \ldots, a_m$ (1).

3° En se servant des résultats de M. Plemelj (2) concernant l'*existence* des solutions du problème de Riemann, on établit ensuite, qu'étant donné un système *arbitraire* de substitutions exposantes $W_1, W_2, \ldots, W_m$, les substitutions différentielles correspondantes $U_1, U_2, \ldots, U_m$ sont déterminées *d'une façon unique* par l'inversion du système des équations (3), comme

(1) Voir notre Note : *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 439.
(2) *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 19, 1908, p. 211-245.

fonctions entières des substitutions $W_1, W_2, \ldots, W_m$

$$(4)\quad U_j = \overline{A}_b^{(j)}(W_1, W_2, \ldots, W_m) = \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1,2,\ldots,m)} W_{j_1} W_{j_2} \ldots W_{j_\nu} \overline{Q}_b^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu}),$$

où les coefficients sont définis par les relations de récurrence

$$\overline{Q}_b^{(j)}(a_{j_1}) = 1 \quad \text{pour } j = j_1; \qquad \overline{Q}_b^{(j)}(a_{j_1}) = 0 \quad \text{pour } j \neq j_1;$$
$$\overline{Q}_b^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu}) = 0 \qquad \text{pour } j_1 = j_2 = \ldots = j_\nu$$

et en tout autre cas

$$Q_b^{(j)}(a_{j_1} a_{j_2} \ldots a_{j_\nu})$$
$$= -\frac{1}{2\pi i} \sum_{\mu=2}^{\nu} \sum_{h_1 h_2 \ldots h_\mu}^{(1,2,\ldots,m)} \sum_{1 \leqq \varkappa_1 < \ldots < \varkappa_{\mu-1} \leqq \nu}$$
$$\times \overline{Q}_b^{(h_1)}(a_{j_1} \ldots a_{j_{\varkappa_1}}) \overline{Q}_b^{(h_2)}(a_{j_{\varkappa_1+1}} \ldots a_{j_{\varkappa_2}}) \ldots \overline{Q}_b^{(h_\mu)}(a_{j_{\varkappa_{\mu-1}+1}} \ldots a_{j_\nu}) P_b^{(j)}(a_{h_1} a_{h_2} \ldots a_{h_\mu}).$$

4° La base correspondante $\Phi_b(W_1, W_2, \ldots, W_m | x) = Y(x)$, satisfaisant au système (1) et se réduisant à I pour $x = b$, est, de même, une *fonction entière* des substitutions exposantes, représentée par le développement

$$(5)\quad \Phi_b(W_1, W_2, \ldots, W_m | x) = I + \sum_{\nu=1}^{\infty} \sum_{j_1 j_2 \ldots j_\nu}^{(1,2,\ldots,m)} W_{j_1} W_{j_2} \ldots W_{j_\nu} Z_\beta(\alpha_{j_1} \alpha_{j_2} \ldots \alpha_{j_\nu} | \xi),$$
$$\alpha_j = \frac{\beta a_j - \gamma}{a_j - b}, \qquad \xi = \frac{\beta x - \gamma}{x - b},$$

β et γ sont des nombres arbitraires tels que $\beta b \neq \gamma$, et où les coefficients $Z_\beta(\alpha_{j_1} \alpha_{j_2} \ldots \alpha_{j_\nu} | \xi)$ sont définis par les relations de récurrence

$$Z_\beta(\alpha_j | \xi) = -\int_{\alpha_j}^{\beta} \frac{d\sigma}{\rho - \xi};$$

$$Z_\beta(\alpha_j^\mu \alpha_{j_1} \ldots \alpha_{j_\nu} | \xi)$$
$$= -\int_{\alpha_j}^{\beta} \left[\frac{1}{\mu!} Z_\beta(\alpha_{j_1} \ldots a_{j_\nu}^{\varkappa} | \sigma) + \sum_{\varkappa=1}^{\mu-1} \frac{1}{(\mu - \varkappa)!} Z_\beta(\alpha_j^\varkappa \alpha_{j_1} \ldots \alpha_{j_\varkappa}\ \sigma) \right] \frac{d\sigma}{\sigma - \xi} \qquad \text{avec } j \neq j_1,$$

la ligne $\overbrace{\alpha_j \alpha_j \ldots \alpha_j}^{\mu \text{ fois}} \alpha_{j_1} \ldots \alpha_{j_\nu}$ étant désignée, pour abréger, par $\alpha_j^\mu \alpha_{j_1} \ldots \alpha_{j_\nu}$ et les intégrales étant prises suivant les bords primitifs des coupures $(\alpha_j \beta)$.

5° En prenant, dans les relations (2) *toutes* les déterminations des loga-

rithmes, on obtient, par les formules (5) et (4), *toutes* les bases régulières

$$\Phi_b(V_1, V_2, \ldots, V_m \mid x) = \overline{\Phi}_b\left(\frac{1}{2\pi i}\log V_1, \frac{1}{2\pi i}\log V_2, \ldots, \frac{1}{2\pi i}\log V_m \mid x\right)$$

du corps de Riemann $R(V_1, V_2, \ldots, V_m)$ et *tous* les systèmes correspondants de substitutions différentielles

$$U_j = \overline{\Lambda}_b^{(j)}\left(\frac{1}{2\pi i}\log V_1, \frac{1}{2\pi i}\log V_2, \ldots, \frac{1}{2\pi i}\log V_m\right) \qquad (j = 1, 2, \ldots, m)$$

sous forme de *fonctions entières* des logarithmes des substitutions intégrales données. Par conséquent, les relations (2), (4) et (5) donnent la résolution algorithmique du problème régulier de Riemann dans toute sa généralité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration approchée de l'équation biharmonique*. Note de **Nicolas Mouskhelichvili (Muschelišvili)**, présentée par M. Hadamard.

Le problème fondamental de l'équation biharmonique $\Delta\Delta U = 0$ consiste à trouver la solution régulière dans un certain domaine S et telle que U et $\frac{dU}{dn}$ prennent sur le contour C de S des valeurs données :

$$U = f_1(s), \qquad \frac{dU}{dn} = f_2(s) \qquad (\text{sur C}). \tag{1}$$

Dans mes travaux précédents ([1]), j'ai développé une méthode simple qui permet de trouver effectivement la solution (exacte) de ce problème dans le cas où la représentation conforme de l'aire donnée sur celle d'un cercle a lieu par le moyen d'une *fonction rationnelle* $\omega(\zeta)$, en désignant par ζ la variable complexe sur le plan du cercle ([2]).

Je vais montrer comment l'application de cette méthode permet de

---

([1]) *Sur l'intégration de l'équation biharmonique* (*Bull. de l'Acad. des Sc. de Russie*, 2, 1919, p. 663); *Applications des intégrales analogues à celles de Cauchy à quelques problèmes de la physique mathématique* (Tiflis, éditeur de l'Université, 1922).

([2]) Une autre méthode fut donnée par E. Almansi pour le cas où $\omega(\zeta)$ est un *polynome* (*Rendic. del Cir. Mat. di Palermo*, 13, 1899, p. 225). Cette méthode peut être notablement simplifiée, comme l'a montré M. Hadamard dans son *Mémoire sur le problème d'Analyse relatif à l'équilibre des plaques élastiques encastrées* (*Mém. Sav. étr.*, 33, n° 4, 1908).

calculer une solution approchée ([1]) pour le cas général de la représentation conforme (en supposant toutefois que S soit limité par un seul contour fermé), ou bien, si l'on veut, d'obtenir la solution exacte sous forme d'une série dont les termes se calculent d'après la méthode mentionnée.

Je me borne au cas où le contour est formé d'un seul arc de courbe analytique ([2]) régulier et fermé.

Soit la relation suivante

$$(2) \qquad z = \omega(\zeta) \qquad (z = x + iy)$$

effectuant la représentation conforme de l'aire S sur le cercle $|\zeta| \leqq 1$.

Supposons d'abord que S soit finie, étant formée de points à l'intérieur de C (*problème intérieur*). On aura

$$(3) \qquad z = \omega(\zeta) = a_0 + a_1\zeta + a_2\zeta^2 + \ldots;$$

le rayon de convergence de cette série sera *supérieur à* 1, car, le contour C étant analytique, la fonction $\omega(\zeta)$ sera prolongeable au delà de la circonférence $|\zeta| = 1$. On en déduit immédiatement que, pour n suffisamment grand, la relation

$$(4) \qquad z = \omega_n(\zeta) = a_0 + a_1\zeta + \ldots + a_n\zeta^n$$

fait correspondre (d'une façon biunivoque) à l'aire $|\zeta| \leqq 1$ une aire S_n dont le contour C_n diffère de C aussi peu que l'on voudra (et cela aura lieu pour des éléments géométriques d'ordre quelconque). Si l'on pose $|\zeta| = 1$, $\zeta = e^{i\vartheta}$ dans (3) et (4), on obtient une correspondance biunivoque entre les points de contours C et C_n. En transportant les valeurs de f_1, f_2, données sur C, aux points correspondants de C_n, on sera conduit au problème pour S_n, auquel s'applique la méthode mentionnée. On pourra donc résoudre effectivement le problème pour S_n. *Cette solution U_n sera en même temps une solution approchée du problème donné* ([3]); en d'autres termes on aura

$$U_n \to U \qquad \text{pour } n \to \infty.$$

([1]) Dans une Note récente M. Mesnager a indiqué une méthode élémentaire (toute différente de la mienne) pour la résolution approchée d'un problème de l'élasticité à deux dimensions qui revient, en substance, au problème biharmonique fondamental (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 979).

([2]) On pourrait éviter cette hypothèse par une étude plus approfondie, en suivant l'ordre du Mémoire cité de M. Hadamard.

([3]) Nous supposons que $f_1(s)$ est continue et que $f_2(s)$ est continue avec sa dérivée première

Pour s'en assurer il suffit de se rapporter au système d'équations intégrales, données par M. Hadamard (¹), dont dépend la solution du problème fondamental pour l'aire S. Ce système revient à une équation unique du type de Fredhölm (²) :

$$\varphi(\mathfrak{S}_1) + \int K(\mathfrak{S}_1, \mathfrak{S})\,\varphi(\mathfrak{S})\,d\mathfrak{S} = F(\mathfrak{S}_1), \tag{5}$$

où $K(\mathfrak{S}_1, \mathfrak{S})$ ne dépend que de l'aire S (HADAMARD, *loc. cit.*, p. 14).

Or, pour l'aire S_n, on obtiendra la même équation (5) où l'on aura remplacé K par le noyau K_n, relatif à S_n. On s'assure aisément qu'on aura (d'une façon uniforme) $K_n \to K$ pour $n \to \infty$.

Or cela démontre la proposition énoncée (³).

On peut traiter d'une façon analogue le problème extérieur. Dans ce cas les polynomes $\omega_n(\zeta)$ seront remplacés par des fonctions rationnelles de forme

$$\omega_n(\zeta) = \frac{\alpha}{\zeta - \zeta_0} + a_0 + a_1\zeta + \ldots + a_n\zeta^n. \tag{6}$$

Dans ce qui précède nous nous sommes servi de séries

$$\omega(\zeta) = a_0 + a_1\zeta + a_2\zeta^2 + \ldots \qquad \text{ou} \qquad \omega(\zeta) = \frac{\alpha}{\zeta - \zeta_0} + a_0 + a_1\zeta + \ldots,$$

mais il est évident qu'on peut utiliser des développements quelconques de $\omega(\zeta)$ en *séries de fonctions rationnelles*, pourvu que ces séries convergent uniformément dans un domaine qui renferme à l'intérieur le cercle $|\zeta| = 1$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Forces perturbatrices agissant sur un corps qui se meut dans un liquide près d'une paroi.* Note (⁴) de M. **BASILE DEMTCHENKO.**

Quand un corps se meut avec une vitesse $\vec{U}$ dans un liquide infini, il est assujetti à deux forces : force d'inertie de la masse additive (F_1) et force de Joukowski (F_0). La présence d'une paroi fixe où d'un corps immobile, non seulement influe sur la grandeur de ces deux forces, mais fait apparaître

---

(¹) *Loc. cit.*, p. 12.

(²) Au lieu de l'arc s de C nous prenons pour variable le paramètre $\mathfrak{S}$, c'est-à-dire l'arc du cercle $|\zeta| = 1$; cela n'a d'ailleurs aucune importance.

(³) Cf., par exemple, COURANT-HILBERT, *Methoden der math. Physik*, 1, 1924, p. 105.

(⁴) Séance du 21 novembre 1927.

encore deux autres forces que nous appellerons : force de la variation de la masse additive (F_2) et force cyclique (F_3). Supposons que le mouvement soit « plan » et désignons par S et Σ les sections normales du corps et de la paroi respectivement.

Force F_1. — Soient a, b les coordonnées d'un point du corps et T l'énergie cinétique du liquide dans le mouvement acyclique. On peut mettre, après une suite de transformation [1], la dérivée $\frac{\partial T}{\partial a}$ sous la forme

$$(1) \qquad \frac{\partial T}{\partial a} = \frac{1}{2}\rho \int_S (\vec{q} - \vec{U})^2 \cos(n, x)\, ds = -\frac{1}{2}\rho \int_\Sigma q^2 \cos(\nu, x)\, d\sigma,$$

où n et ν sont les normales aux contours S et Σ dirigées vers l'intérieur du liquide, ρ est la densité et $\vec{q}$ la vitesse d'une particule fluide. Si $\cos(\nu, x) \geqq 0$, la valeur absolue de la force d'inertie de la masse additive augmente, quand la distance entre la surface S et la paroi diminue. Si l'aire σ engendrée par le contour Σ est très petite, la variation de l'énergie cinétique est donnée par la formule

$$(2) \qquad T - T_0 = \frac{1}{2}\rho(U^2 - q'^2)\,\sigma \qquad (\vec{q'} = \vec{q} - \vec{U}),$$

où T_0 est l'énergie cinétique non perturbée.

Force F_2. — La force F_2 est due à ce fait que l'énergie cinétique T dépend de la position du corps relativement à la paroi. Les composantes X_2, Y_2, de cette force sur les axes mobiles, invariablement liés avec le corps, sont définies par les formules générales de W. Thomson relatives au mouvement des corps solides dans un liquide.

Si le contour Σ est rectiligne et parallèle à l'axe OY $[\cos(\nu, x) = 1]$ et si la vitesse du corps $\vec{U}$ est normale à la paroi, on a d'après la formule (1)

$$(3) \qquad X_2 = \frac{1}{2}\rho \int_\Sigma q^2\, d\sigma.$$

Si la vitesse $\vec{U}$ est parallèle à la paroi, on obtient

$$(3') \qquad X_2 = -\frac{1}{2}\rho \int_\Sigma q^2\, d\sigma, \qquad Y_2 = 0.$$

Dans le premier cas le corps est repoussé par la paroi et, dans le second, attiré vers celle-ci.

---

[1] RIABOUCHINSKI, *Thèse*, seconde Partie, Chap. III, n° 5 (Paris, 1922).

Force F_3. — La force cyclique F_3 est due uniquement à la circulation autour du contour S. Elle a pour composantes :

(4) $$X_3 = -\frac{\partial K}{\partial a}, \qquad Y_3 = -\frac{\partial K}{\partial b};$$

où K est l'énergie cinétique du mouvement cyclique. On peut mettre la dérivée $\frac{\partial K}{\partial a}$ sous la forme

(5) $$\frac{\partial K}{\partial a} = \frac{1}{2}\rho\int_\Sigma \omega^2 \cos(\nu, x)\, d\sigma,$$

où $\vec{\omega}$ est la vitesse cyclique d'une particule fluide. Si la paroi est rectiligne et parallèle à l'axe OY, on obtient

(6) $$X_3 = -\frac{1}{2}\rho\int_\Sigma \omega^2\, d\sigma, \qquad Y_2 = 0,$$

c'est-à-dire que le corps est attiré vers la paroi. Dans le cas d'un cylindre circulaire infini de rayon b, cette force est égale à

(6′) $$X_3 = -\frac{\rho\varkappa^2}{4\pi\sqrt{a^2-b^2}},$$

où $\varkappa$ est la circulation et a est la distance du centre du cylindre à la paroi.

Force F_0. — Soient u et v les composantes de la vitesse $\vec{U}$ sur les axes de coordonnées. Désignons par $\chi = u\chi_1 + v\chi_2$ le flux relatif du mouvement acyclique à travers la cloison, entre le contour S et la paroi, qui rend l'espace occupé par le liquide simplement connexe. D'après les équations de W. Thomson, généralisées par M. Riabouchinski (*loc. cit.*), les composantes de la force généralisée de Joukowski sont égales à

(7) $$X_0 = \rho\varkappa v\left(\frac{\partial\chi_2}{\partial a} - \frac{\partial\chi_1}{\partial b}\right), \qquad Y_0 = -\rho\varkappa u\left(\frac{\partial\chi_2}{\partial a} - \frac{\partial\chi_1}{\partial b}\right).$$

On peut mettre la dérivée $\frac{\partial\chi_2}{\partial a}$ sous la forme

(8) $$\varkappa\frac{\partial\chi_2}{\partial a} = -\varkappa - \int_\Sigma \vec{\omega}\vec{q}\cos(\nu, x)\, d\sigma$$

Si la paroi est rectiligne et parallèle à l'axe OY, on a

(9) $$X_0 = -\rho v\left(\varkappa + \int_\Sigma \vec{\omega}\vec{q}\, d\sigma\right), \qquad Y_0 = \rho u\left(\varkappa + \int_\Sigma \vec{\omega}\vec{q}\, d\sigma\right).$$

Les premiers termes donnent la force de Joukowski non perturbée. Le produit $\vec{\omega}\vec{q}$ ayant le même signe que $\varkappa$, nous voyons que la présence de la paroi augmente la valeur absolue de la force F_0. Dans le cas d'un cylindre circulaire, la force perturbée s'obtient de la force initiale, en la multipliant par le coefficient $\frac{a}{\sqrt{a^2-b^2}}$. Les résultats que nous venons d'exposer peuvent être facilement généralisés dans le cas du mouvement à trois dimensions [1].

AÉRODYNAMIQUE. — *Tracé général des profils avec dièdre à la pointe.* Note [2] de M. E. Carafoli, présentée par M. Rateau.

Les profils à *pointe proprement dite,* obtenus par les méthodes que nous avons indiquées précédemment [3], ont un *dièdre* nul à la pointe; en ce point, par conséquent, les tangentes à l'intrados et à l'extrados sont confondues. Si la fonction de transformation satisfait à certaines conditions, que nous allons indiquer plus loin, le profil présente un *dièdre* réel à la pointe. D'après l'expression de cette fonction, nous établirons une méthode générale permettant d'obtenir un profil avec un *dièdre* imposé *a priori*.

Soit pour cela un profil de forme générale avec le bord de sortie au point B, que nous prenons pour origine des axes. La fonction $z=f(\zeta)$, z et ζ étant respectivement le plan du profil et celui du cercle générateur, s'annule deux fois pour le point B′ du cercle correspondant à la pointe B du profil.

Si a est le rayon du cercle, dont le centre est pris pour origine des axes dans le plan ζ et si $\zeta = a\,e^{i(\pi+\tau)} = -a\,e^{i\tau}$ représente le point B′, la fonction z s'écrira d'une manière générale

$$(1)\qquad z=\left(1+\frac{a\,e^{i\tau}}{\zeta}\right)^2\left(\zeta+c_0+\frac{c_1}{\zeta}+\frac{c_2}{\zeta^2}+\dots\right).$$

Toute autre fonction z_1 telle que

$$(2)\qquad z_1=z\left(1+\frac{a\,e^{i\tau}}{\zeta}\right)^{-n},$$

représente un profil avec un *dièdre* d'angle égal à $n\pi$.

---

(1) Le problème traité ci-dessus a un grand intérêt pratique pouvant servir de base théorique pour l'étude des forces agissant sur les ailes d'un avion à proximité du sol.

(2) Séance du 14 novembre 1927.

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 842 et 1014.

Posons maintenant $z = re^{i\varphi}$ et $z_1 = r_1 e^{i\varphi_1}$; l'expression (2) peut s'écrire

$$r_1 e^{i\varphi_1} = r e^{i\varphi}\left(1 + \frac{a e^{i\tau}}{\zeta}\right)^{-n} = \frac{r}{\left(2\cos\frac{\theta-\tau}{2}\right)^n} \times e^{i\left[\varphi + \frac{n}{2}(\theta-\tau)\right]},$$

et par conséquent

$$(3)\qquad \begin{cases} r_1 = \dfrac{r}{\left(2\cos\dfrac{\theta-\tau}{2}\right)^n}, \\ \varphi_1 = \varphi + \dfrac{n}{2}(\theta - \tau) \end{cases}$$

Les relations (3) permettent de passer facilement d'un profil quelconque à un autre profil avec un dièdre égal à $n\pi$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Résolution théorique du problème de l'échange de chaleur par circulation d'un fluide visqueux en mouvement tranquille à l'intérieur d'un tube cylindrique.* Note [1] de M. A. **Lévêque**, présentée par M. G. Kœnigs.

Avec un fluide visqueux, la vitesse dans une section droite suit la loi de Poiseuille; ainsi, avec un tube circulaire de rayon R,

$$v = V\left(1 - \frac{y^2}{R^2}\right) = -\frac{1}{4\eta}\frac{dp}{dx}(R^2 - y^2),$$

η étant le coefficient de viscosité, et p la pression.

Si l'on pose $a^2 = \frac{K}{c\rho}$ (K, coefficient de conductibilité du fluide; c, chaleur spécifique à pression constante; ρ, masse spécifique; ces grandeurs étant supposées constantes), et si l'on admet que l'influence des différences de température sur le mouvement est négligeable, l'équation de la chaleur sera, pour un tube circulaire d'axe Ox,

$$V\left(1 - \frac{y^2}{R^2}\right)\frac{\partial t}{\partial x} = a^2\left(\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{1}{y}\frac{\partial t}{\partial y}\right)$$

en négligeant $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$ devant $\frac{\partial^2 t}{\partial y^2}$ (fluide mauvais conducteur).

On est conduit à des séries de fonctions un peu plus complexes que les

[1] Séance du 7 novembre 1927.

fonctions de Bessel et dépendant d'un paramètre, en supposant uniformes la température t_1 d'entrée du fluide et la température t_0 de la paroi.

Ce problème a été traité ainsi par Nüsselt en 1910. Nous l'avons repris en modifiant, comme l'a fait Grœber en 1921, la définition de la température moyenne dans une section. Cette température t_m doit logiquement être définie à l'aide de la moyenne du produit vt dans une section, divisée par la vitesse moyenne $\frac{V}{2}$ (car c'est cette expression qui s'introduit naturellement dans le calcul du flux de chaleur) et non par la moyenne arithmétique de t, comme l'a fait Nusselt.

Si donc Q désigne la quantité de chaleur échangée par unité de surface et de temps pour l'abscisse x, on définira le coefficient vrai de convection pour l'abscisse x

$$\alpha_x = \frac{Q}{t_m - t_0},$$

et le coefficient moyen de convection pour la longueur x

$$\alpha'^{x}_{0} = \frac{\int_0^x Q\,dx}{\int_0^x (t_m - t_0)\,dx}.$$

On trouve alors que ces coefficients, ainsi que Q, sont fonctions de la seule variable

$$\lambda = \frac{R}{a}\sqrt{\frac{V}{x}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2R}{x}\,\frac{2RV}{a^2}}.$$

Quand $\lambda < 1$, on a sensiblement

$$\alpha_x = 3,658\,\frac{K}{2R} \qquad \text{et} \qquad \alpha'^{x}_{2} = 4,36\,\frac{K}{2R}.$$

Quand λ devient plus grand, ces coefficients augmentent avec λ, mais pour se rendre compte de la loi de variation, il faut calculer leur valeur asymptotique, comme nous l'avons fait pour le cas d'une vitesse uniforme dans la section.

Ici la difficulté théorique est plus grande. Nous l'avons tournée en traitant directement le problème limite correspondant à λ grand.

Ce problème limite s'énonce ainsi : un simple plateau indéfini à arête rectiligne est plongé dans un courant fluide de vitesse parallèle au plateau et perpendiculaire à cette arête; cette vitesse n'est pas uniforme, comme

dans le cas traité par Boussinesq, mais elle varie proportionnellement à la distance au plateau; par ailleurs, nous considérons une seule face.

Posant alors

$$v = \beta y \qquad \left(\text{avec } \beta = \frac{2V}{R}\right),$$

on a l'équation

$$a^2 \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = \beta y \frac{\partial t}{\partial x},$$

qui se résout dans le cas d'une température t_0 variable définie par

$$t_0 - t_1 = \varphi(x) \qquad (\text{avec } \varphi = 0 \text{ pour } x < 0),$$

en écrivant

$$t - t_1 = \frac{1}{I_3} \int_0^\infty \varphi\left(x - \frac{\beta}{9a^2}\frac{y^3}{\mu^3}\right) e^{-\mu^3} d\mu,$$

et en posant

$$I_3 = \int_0^\infty e^{-\mu^3} d\mu.$$

Alors

$$Q = -\frac{3K}{I_3}\sqrt[3]{\frac{\beta}{9a^2}} \int_0^\infty \varphi'(x - \omega^3)\,\omega\, d\omega;$$

$$\int_0^x Q\,dx = -\frac{3K}{I_3}\sqrt[3]{\frac{\beta}{9a^2}} \int_0^\infty \varphi(x - \omega^3)\,\omega\, d\omega,$$

Si l'on suppose t_0 constante, on obtient :

$$\alpha_x = \frac{Q}{t_1 - t_0} = \frac{1}{I^3}\sqrt[3]{\frac{K^2 c \rho \beta}{9x}};$$

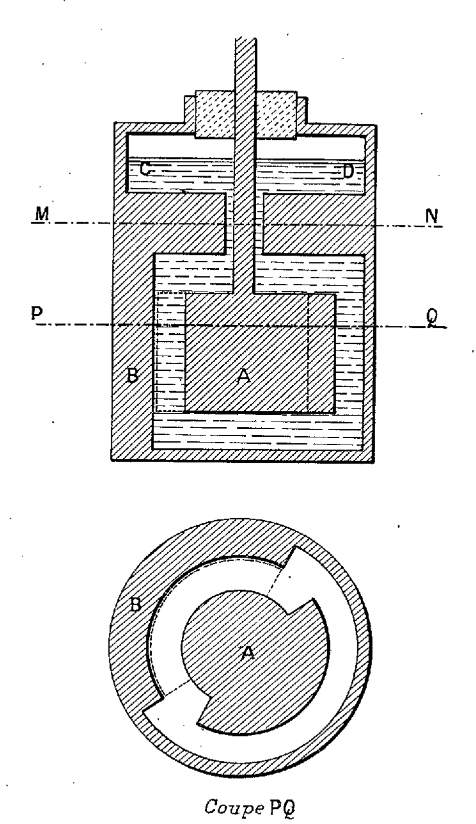
$$\alpha_0'^x = \frac{3}{2}\,\alpha_x = \sqrt[3]{\frac{3}{4}} \cdot \frac{1}{I^3} \cdot \frac{K}{R} \cdot \lambda^{\frac{2}{3}}.$$

Ces formules sont applicables au tube cylindrique quand λ est assez grand ($\lambda < 9$).

On obtient ainsi la proportionnalité des échanges de chaleur *à la racine cubique de la vitesse*.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle méthode pour la mesure absolue, en haute fréquence, des constantes diélectriques des liquides*. Note (¹) de M. **René Darbord**, présentée par M. M. Brillouin.

Quand on détermine une constante diélectrique par une méthode statique, on mesure une capacité définie avec précision par un anneau de garde. Au contraire, quand on fait les mesures en haute fréquence au pont de Wheatstone, l'emploi d'un anneau de garde semble malaisé, on se



Coupe PQ

demande à quoi le relier électriquement et la dispersion des lignes de force entrave l'interprétation rigoureuse des mesures.

La méthode suivante permet de lever la difficulté. Cette méthode demande l'emploi d'un condensateur spécial, représenté schématiquement.

(¹) Séance du 21 novembre 1927.

par la figure. Par rotation, on peut donner aux armatures A et B de ce condensateur deux positions relatives extrêmes, à 180° l'une de l'autre et définies par deux butées. La coupe PQ représente en traits pleins la position I, en traits pointillés la position II et il est évident que la capacité croît quand on passe de I à II.

Au niveau du plan MN, la distance des deux armatures est constante tout le long de la circonférence et les lignes de force sont radiales. Par rotation, ces lignes de force ne changent pas et, ainsi, le plan MN sépare le condensateur en deux parties sans influence électrostatique l'une sur l'autre. En particulier, pour la partie inférieure, tout se passe comme s'il y avait influence totale entre les deux surfaces en regard. C'est là la base de la méthode.

Au-dessus du plan MN, la distribution des lignes de force varie quand on introduit le liquide jusqu'en CD, mais la capacité correspondant à cette partie supérieure reste la même quand on passe de la position I à la position II.

Au-dessous du plan MN, comme dans le cas de l'influence totale, les lignes de force gardent la même forme quand on remplit le condensateur et, par conséquent, la capacité correspondant à cette partie supérieure est simplement multipliée par la constante diélectrique K du liquide.

Pour plus de précision, appelons, dans le cas de l'air, C la capacité de la partie supérieure, C_1 et C_2 les capacités de la partie inférieure pour les deux positions I et II. Dans le cas du liquide, ces mêmes capacités deviennent C', KC_1 et KC_2.

Étalonnage du condensateur. — Le condensateur est vide. Sa capacité est $(C + C_1)$ pour la position I, $(C + C_2)$ pour la position II et la mesure expérimentale au pont donne

$$(C + C_2) - (C + C_1) = (C_2 - C_1).$$

Mesure de la constante diélectrique. — Le condensateur est rempli de liquide. Sa capacité est $(C' + KC_1)$ pour la position I, $(C' + KC_2)$ pour la position II. La mesure au pont de Wheatstone donne

$$(C' + KC_2) - (C' + KC_1) = (KC_2 - KC_1),$$

et la constante diélectrique est

$$K = \frac{KC_2 - KC_1}{C_2 - C_1}.$$

Par cette méthode, la capacité mesurée est nettement définie, la disper-

sion des lignes de force n'intervient plus et l'on réalise la mesure absolue des constantes diélectriques.

Comme autres avantages :

1° Le condensateur peut être rempli d'une façon quelconque, pourvu qu'il le soit suffisamment.

2° La vapeur du liquide peut sans inconvénient avoir une constante diélectrique s'écartant de l'unité.

3° On n'a plus besoin de s'adresser à un corps étalon de constante diélectrique connue.

Si l'on consentait à renoncer à ces derniers avantages, on pourrait appliquer la méthode suivante, qui laisse fixes les deux armatures. Soit un condensateur cylindrique à armatures verticales, rempli partiellement de liquide. Au voisinage de la surface horizontale de séparation entre le liquide et l'air, un raisonnement électrostatique montre que les lignes de force ne subissent pas de déformation et restent radiales. Ainsi, comme dans la méthode précédente, cette surface sépare le condensateur en deux parties sans influence l'une sur l'autre. Si C_1, C_2 et C_3 sont respectivement les capacités du condensateur vide, rempli du liquide étalon, rempli jusqu'au même niveau du liquide étudié, le rapport entre les constantes diélectriques K et K' du liquide étalon et du liquide étudié est donné par

$$\frac{K'}{K} = \frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1}.$$

Pour éviter l'influence de la capillarité et d'un remplissage imprécis, la distance des armatures pourrait être plus grande au niveau de la surface du liquide et plus petite en dessous.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la variation du pouvoir inducteur spécifique des fluides dans les champs électriques intenses.* Note de M. L. Cagniard, présentée par M. A. Cotton.

La théorie de Debye (1) des diélectriques fluides à dipôles, calquée sur celle du paramagnétisme de M. Langevin (2), laisse prévoir un effet de saturation dans les champs intenses : cet effet doit se manifester par une petite diminution de la constante diélectrique.

Herweg (3), reprenant un calcul incorrect de Ratnowsky (4), et acceptant

(1) Debye, *Physik. Zeits.*, 13, 1912, p. 97.
(2) Langevin, *Jour. de Phys.*, 4, 1905, p. 678.
(3) Herweg, *Zeits. f. Phys.*, 3, 1920, p. 36.
(4) Ratnowsky, *Verh. d. D. Phys. Ges.*, 15, 1913, p. 497.

les hypothèses de Debye, conduit le calcul jusqu'au deuxième terme du développement en série de la quantité $\frac{\mathrm{Ch}\, a}{\mathrm{Sh}\, a} - \frac{1}{a}$

$$\frac{\mathrm{Ch}\, a}{\mathrm{Sh}\, a} - \frac{1}{a} = \frac{a}{3} - \frac{a^3}{45} + \ldots.$$

L'induction électrique D s'exprime alors, en fonction du champ H, par

$$D = H\left[\frac{1+2\Theta}{1-\Theta} - \frac{4\pi}{45}\frac{N\mu^4}{r^3T^3}\frac{H^2}{(1-\Theta)^4}\right],$$

en posant $\Theta = \frac{\varepsilon_0 - 1}{\varepsilon_0 + 2}$;

ε_0 est la constante diélectrique définie dans les champs de faible intensité, μ le moment du dipôle, N le nombre de molécules par unité de volume, r la constante des gaz parfaits rapportée à une molécule,

J'appellerai ε_H le quotient $\frac{D}{H}$ (Herweg utilise une autre définition). Il vient :

$$\varepsilon_H - \varepsilon_0 = \Delta\varepsilon = -\frac{4\pi}{45}\frac{N\mu^4}{r^3T^3}\frac{H^2}{(1-\Theta)^4}.$$

L'expérience d'Herweg a paru confirmer ce calcul et est considérée comme une preuve de l'existence des dipôles. Or *ce calcul est incomplet*, car Herweg ne tient pas compte de l'électrostriction.

Pour une transformation isotherme, la thermodynamique fait prévoir une diminution du volume spécifique v du diélectrique compris entre les armatures

$$-\frac{\Delta v}{v} = \frac{1}{8\pi}\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial p}\right)_T H^2.$$

Il résulte de ce fait un accroissement de la constante diélectrique.

Supposons que le diélectrique est un gaz parfait, car la théorie de Debye ne s'applique rigoureusement qu'à ce cas. Plaçons-nous dans le cas le plus favorable pour obtenir l'effet Herweg, celui d'une molécule sans polarisation induite, à dipôle rigide. La diminution de ε par saturation (effet Herweg) a pour valeur

$$\frac{(\varepsilon-1)^2(\varepsilon+2)^2}{180\pi}\cdot\frac{1}{RT}\cdot H^2 \qquad (R = Nr).$$

Mais l'augmentation de ε par électrostriction vaut

$$\frac{(\varepsilon-1)^2(\varepsilon+2)^2}{72\pi}\cdot\frac{1}{RT}\cdot H^2.$$

Le second effet n'est pas négligeable. Il l'emporte sur le premier : *il y a en réalité augmentation de la constante diélectrique.*

Si nous passons aux diélectriques liquides, sur lesquels porte l'expérience d'Herweg, nous devrons remarquer que :

1° Les calculs précédents perdent leur signification, car la formule de Debye s'applique fort mal aux liquides.

2° S'il y a polarisation induite, cette polarisation induite n'est pas forcément une fonction linéaire du champ.

3° Les actions réciproques entre molécules voisines, les phénomènes d'association moléculaire, jouent un rôle essentiel. J'ai montré précisément (1) que les variations de l'indice de réfraction, telles qu'elles résultent des mesures de M. Pauthenier, sont beaucoup plus fortes que celles qu'on calcule par la formule de Debye.

Les considérations ci-dessus, qui impliquent un champ statique, ne s'appliquent pas immédiatement à l'expérience d'Herweg, expérience que je n'ai pas l'intention de discuter ici. En tout cas, *la diminution apparente de la constante diélectrique est sans doute due à un phénomène parasite* que la technique ne permettait pas d'éliminer et, de toute façon, *ne prouve rien pour ou contre l'existence des dipôles.*

MAGNÉTISME. — *Sur la perméabilité du fer aux fréquences élevées.* Note de M. **C. Gutton** et Mme **J. Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (2), nous avons décrit des expériences faites en vue de rechercher si la perméabilité du fer variait avec la fréquence pour des oscillations de longueurs d'onde comprises entres entre 8 et 25m. Depuis, nous avons étudié comment varie la perméabilité moyenne du fer, à fréquence constante, dans un champ magnétisant d'intensité croissante.

Nous avons employé la méthode que nous avons déjà décrite en modifiant seulement un peu la manière d'opérer. Nous avons déduit la résistance du résonateur de la comparaison, à la résonance, des différences de potentiel entre les armatures du condensateur lorsque le résonateur est entièrement en cuivre et lorsque le fil de cuivre est en partie remplacé par un fil de fer.

---

(1) Cagniard, *Thèse de Paris*, n° 1953.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1234.

La résistance du résonateur entièrement en cuivre était déterminée comme lors de nos premières mesures.

Nous avons étudié par cette méthode deux échantillons : un fil de fer doux de $0^{mm},96$ de diamètre, dont la résistivité électrique était de 12700 u. e. m. et un fil de corde de piano de $1^{mm},24$ de diamètre et de résistivité de 22900 u. e. m. qui nous a servi déjà dans les premières expériences. Les mesures ont été faites pour une longueur d'onde constante. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Fil de $0^{mm},96$ de diamètre.			Fil de $1^{mm},24$ de diamètre.		
λ (cm).	$\sqrt{\mu}$.	H (gauss).	λ (cm).	$\sqrt{\mu}$.	H (gauss).
1291	8,5	0,17	1288	6,6	0,14
1291	8,4	0,25	1288	6,9	0,20
1291	8,5	0,45	1288	7,1	0,37
1291	8,4	0,76	1288	6,8	0,65
1281	8,8	1,80	1278	7,4	1,50
1291	10,1	3,70	1278	8,0	3,15
1291	13,7	5,64	1288	10,1	5,24

Les troisièmes colonnes donnent les intensités efficaces du champ alternatif circulaire à la périphérie du fil, $H = \frac{2I}{r}$. L'intensité efficace I du courant dans le résonateur est déduite de la mesure de la différence de potentiel entre les armatures du condensateur.

Le tableau précédent montre que la perméabilité magnétique moyenne conserve une valeur constante pour les petites amplitudes du champ jusqu'à une valeur efficace de 1 gauss environ ; elle croît ensuite avec le champ. L'accroissement constaté est beaucoup plus faible que dans des champs constants.

Nous n'avons pu faire de mesures pour des champs d'intensité efficace supérieure à 6 gauss, car le courant dans le résonateur portait le fil de fer à une température trop élevée.

OPTIQUE. — *L'absence du vent d'éther au Rigi.*

Note [1] de MM. **A. Piccard** et **E. Stahel**, transmise par M. Weiss.

Les expériences faites en ballon libre et à Bruxelles avec notre interféromètre Michelson enregistreur nous paraissaient démontrer que

[1] Séance du 21 novembre 1927.

les résultats de M. Miller ne peuvent pas s'expliquer par un vent d'éther ([1]). Nos conclusions étaient du reste d'accord avec les observations que M. Kennedy ([2]) a faites au mont Wilson. Les mesures faites en ballon, ainsi que celles de M. Kennedy, ne dépassant cependant pas une certaine précision, M. Brylinski et d'autres ont émis des doutes, quant à leur interprétation et ont maintenu l'hypothèse du vent d'éther ([3]). La question était assez importante pour être reprise en vue d'un résultat définitif.

Nous avons choisi comme point d'observation le Rigi (long. 8°30′ Est Gr. et lat. 47°0′ Nord), dont la hauteur (1800^m) dépasse légèrement celle du mont Wilson. Son sommet, très dégagé, se prêtait particulièrement à notre travail. Il est à une quarantaine de kilomètres au nord de la première chaîne principale des Alpes. Les cimes isolées les plus rapprochées qui le dépassent légèrement sont à 20^{km} à l'est et à l'ouest (Mythen et Pilate). Le nord, d'où, selon M. Miller, soufflerait le vent d'éther, est tout à fait ouvert. L'appareil était placé 3^m plus haut que le sommet, sous les combles de l'hôtel le plus élevé. Aucun mur épais ne pouvait arrêter le courant d'éther.

Nous avons employé le même interféromètre que pour les expériences précédentes, mais une petite modification dans le réglage nous a permis d'obtenir des films de grand contraste. La ligne d'interférence blanche entre les bandes noires est très fine et permet un pointage de grande précision à la machine à diviser. Les mesures ont été faites les 16 et 17 septembre 1927, entre 5 et 6^h et entre 17 et 18^h (heure locale). Le premier de ces termes correspond à l'heure où l'apex de M. Miller est le plus près de l'horizon. Le vent d'éther horizontal doit donc avoir sa valeur maximum, soit 9,5 km/sec. Le second correspond au minimum de la composante horizontale (3,3 km/sec). Seules les photographies faites entre 5 et 6^h ont été mesurées jusqu'à présent. Nous en donnons ici les résultats :

120 tours de l'appareil ont été utilisés. Dans chaque demi-tour, les franges devraient décrire, d'après l'hypothèse du vent d'éther, une sinusoïde entière. Les pointés microscopiques ont porté sur la ligne de repère fixe et sur deux lignes d'interférence blanches à des intervalles de $\frac{1}{20}$ de tour. Pour chacun des 12 groupes de 20 demi-tours, on a, par analyse har-

([1]) Miller, *Science*, **63**, 1926, p. 433 — A. Piccard et E. Stahel, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 420; **184**, 1927, p. 152.

([2]) Kennedy, *Proc. Nat. Ac. of Sc.*, **12**, 1926, p. 621.

([3]) Brylinski, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 192. — A. Piccard et E. Stahel, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 451.

monique, calculé sur la moyenne des observations la sinusoïde la plus probable. L'amplitude de chacune de ces sinusoïdes restait largement en deçà de celle de la sinusoïde qu'aurait produite le vent d'éther de M. Miller, et, en outre, leurs phases étaient distribuées tout à fait au hasard entre zéro et $\frac{\pi}{2}$, à tel point que la moyenne générale des 12 sinusoïdes a donné une nouvelle sinusoïde dont l'amplitude est 40 fois plus petite que celle qu'aurait prévu M. Miller, et cela dans les limites de nos erreurs probables. Si l'on numérote dans chaque demi-tour les points observés de 1 à 10, et si l'on prend la moyenne de tous les points de même numéro dans les 240 demi-tours, on obtient 10 points dont nous donnons ici les écarts de l'axe exprimés en millièmes de frange.

Nos..	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Écart.	−0,27	−0,25	+0,88	+0,11	−0,46	−0,42	+0,27	+0,21	+0,46	−0,49

On voit que l'allure de ces points ne rappelle en rien une sinusoïde. De plus, tandis que le vent d'éther de M. Miller aurait produit une sinusoïde oscillant entre + 3,2 et — 3,2 millièmes, ces points donnent comme sinusoïde la plus probable une courbe comprise entre les limites + 0,08 et — 0,08 millièmes. Cette courbe correspond à un vent d'éther de 1,45 km/sec. Nous en concluons que, dans les conditions correspondant à l'expérience de M. Miller, le vent d'éther ne se manifeste nullement. La base expérimentale de la théorie d'Einstein reste donc valable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition des sulfates de vanadyle à haute température.* Note de M. C. **Eichner**, présentée par M. G. Urbain.

Dans sa Note sur les équilibres entre les sulfates de vanadium (1), M. Auger a démontré que le vanadium en solution sulfurique est scindé en V^{IV} et V^{V}. Mes derniers travaux faits sous sa direction confirment ces résultats. Depuis lors, MM. Rosenheim et Hsin Yü Mong (2) ont obtenu des résultats en apparence contradictoires avec les nôtres.

Dans cette Note, M. Rosenheim et Hsin Yü Mong, ayant étudié la décomposition des sulfates de vanadyle, indiquent que les sulfates doubles

(1) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 306.
(2) *Zeit. für anorg. u. allgem. Chemie*, **148**, 1925, p. 25.

de V^{IV} et de NH^4, K ou Na chauffés en présence de SO^4H^2 à haute température, s'oxydent partiellement et fournissent un précipité gris insoluble dont la formule est, suivant les auteurs, celle d'un nouveau sulfate complexe de vanadium pentavalent $V^2O^3(SO^4)^2$. D'autre part, l'acide qui couvre ce précipité donne, par évaporation à sec, des cristaux verts d'un sel de vanadium trivalent $V(SO^4)^2NH^4$, $V(SO^4)^2K$ ou $V(SO^4)^2Na$.

En ce qui concerne les sulfates simples, les auteurs n'ont pas obtenu de résultats nets, mais ils supposent que la même réaction se produit.

Ainsi donc le vanadium tétravalent, en solution sulfurique, serait scindé à haute température en V^{III} et V^V, ce qui est tout à fait contraire à tous nos résultats.

Pour mes expériences je me suis servi de V^2O^5 obtenu par calcination de VO^3NH^4 à 150° à l'air et oxydé ensuite par NO^3H. Une solution de sulfate de vanadyle préparée par dissolution de V^2O^5 dans SO^4H^2 étendu, réduite ensuite par SO^2 m'a fourni après un chauffage prolongé, un précipité gris insoluble. Or ce précipité à qui MM. Rosenheim et Hsin Yü Mong attribuent la formule $V^2O^3(SO^4)^2$ n'est pas autre chose que le sulfate de vanadyle $VOSO^4$ décrit déjà par Gerland (¹). Il est d'ailleurs facile de se rendre compte de l'état d'oxydation du V dans ce produit : il suffit de le traiter à chaud par une lessive de soude, qui libère la base V^2O^4, puis d'aciduler à froid, par SO^4H^2. On obtient une liqueur bleue, caractéristique du sulfate de vanadium tétravalent. L'acide qui couvre le précipité est une liqueur verte contenant V^V et V^{IV}; évaporée elle dépose un mélange des deux sulfates. Dans aucun cas je n'ai obtenu les cristaux de sulfate de V^{III}.

On arrive au même résultat, en ajoutant SO^4K^2 ou SO^4Na^2 ; il se dépose d'abord SO^4VO, puis les sulfates doubles mélangés de V^V et V^{IV} avec K ou Na.

L'addition de $SO^4(NH^4)^2$ change tous ces équilibres : on obtient bien d'abord comme avant, le sulfate gris de vanadyle, mais à la fin de l'évaporation à sec de l'acide, le fond du vase se remplit de cristaux verts hexagonaux dont la formule est $V(SO^4)^2NH^4$. Ce composé appartient au groupe des sulfates doubles de V^{III} qui se forment dans les expériences de MM. Rosenheim et Hsin Yü Mong. Sa formation est donc due à la présence de $SO^4(NH^4)^2$. Ce sont en effet les produits de la décomposition de ce sel à haute température, qui réduisent le sulfate de V^{IV} à l'état de V^{III}.

(¹) *Ber. deutstch. Chem. Gesch.*, **9**, 1876, p. 869; **10**, 1877, p. 2109; Gmelin Kraut, III, 2, p. 104.

En présence de $SO^4(NH^4)^2$ dans une solution de V^V ou V^{IV} on obtient toujours, dès que la température s'élève suffisamment, la formation du sel

$$V(SO^4)^2NH^4,$$

qui a déjà lieu vers 400°; d'autre part, même à une température de 550°, en absence des sels d'ammonium, je n'ai jamais observé que le mélange de sulfates de V^{IV} et V^V.

En résumé j'ai trouvé confirmés nos résultats précédents. Le vanadium V^{IV} chauffé en solution sulfurique s'oxyde, et d'autre part V^V se réduit jusqu'à un état d'équilibre. Au bout d'un chauffage prolongé la plupart du vanadium précipite sous forme de $VOSO^4$; l'équilibre se trouve rompu; mais il se rétablit de nouveau entre les quantités de V^V et V^{IV} qui restent en solution. L'apparition du V^{III} dans les expériences de MM. Rosenheim et Hsin Yü Mong s'explique par l'emploi de VO^3NH^4 au lieu de V^2O^5 pur. Il se forme alors au cours de l'évaporation $SO^4(NH^4)^2$, dont la décomposition ultérieure provoque la réduction du vanadium à l'état trivalent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la série cyclooctanique*. Note de M. **Marcel Godchot** et Mlle **Cauquil**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons pu augmenter nos connaissances, peu étendues jusqu'ici, dans la série cyclooctanique en partant de la cyclooctanone, dont l'obtention, quoique encore assez laborieuse, est cependant plus facile aujourd'hui grâce au procédé institué récemment par MM. Ruzicka et Brugger [1] et consistant à décomposer par la chaleur l'azélaate de thorium.

Nous avons pu, comme ces deux chimistes l'indiquent, obtenir cette cétone cyclique en C^8 en effectuant cette décomposition, sous pression réduite, dans un tube en pyrex pouvant contenir 200g de sel et placé dans un four chauffé électriquement à la température de 350°. En opérant ainsi, nous avons obtenu la cyclooctanone (ébullition : 197°-198°; fusion : 29°-30°; semicarbazone, fusion : 167°). La cétone ainsi préparée nous a fourni par oxydation chromique régulièrement l'acide subérique (fusion : 140°), lequel a été caractérisé en outre par sa diamide (fusion : 216°) et par sa dianilide (fusion : 187°).

---

(1) *Helvetica Chemica Acta*, 9, 1926, p. 346.

Cyclooctanol $\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CH^2-CHOH\\ | \qquad\qquad\qquad\qquad\quad |\\ CH^2-CH^2-CH^2-CH^2\end{array}$. — Cet alcool secondaire, inconnu jusqu'ici, a été obtenu par nous par réduction de la cyclooctanone dissoute dans l'éther ordinaire, au moyen du sodium et en présence d'une solution saturée de bicarbonate de sodium. Il bout vers 106°-108° sous 22^mm et est fusible vers 14°-15° ($d_{17°}=0,9663$; $n_D^{17°}=1,4844$; R. M. calculée pour $C^8H^{14}O=38,47$; trouvée $=37,92$); sa phényluréthane, que l'éther de pétrole abandonne sous forme de belles et longues aiguilles, est fusible à 62°.

Nous avons constaté en outre qu'il se formait, dans la réduction de la cyclooctanone, une petite quantité d'un composé cristallisé constituant le résidu du fractionnement de la distillation du produit brut; ce corps, que l'éther de pétrole abandonne sous forme de très beaux prismes, est fusible à 84°-85° et est probablement constitué par l'azélaylpinacone, $C^{16}H^{30}O^2$. Le même fait a été déjà signalé lors de la réduction de la subérone qui fournit aussi de la subérylpinacone.

Cyclooctène $\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CH^2-CH\\ | \qquad\qquad\qquad\qquad \|\\ CH^2-CH^2-CH^2-CH\end{array}$. — Ce carbure, déjà signalé par Willstätter et Wasser et obtenu par eux en partant du diméthylamino cyclooctane provenant de la diméthylamino-granatanine ([1]), a été reproduit par nous synthétiquement par déshydratation du cyclooctanol en présence de l'anhydride phtalique bouillant. Il bout vers 143°-144° ($d_{17°}=0,8487$; $n_D^{17°}=1,4683$; R. M. trouvée $=36,06$; calculée pour $C^8H^{14}=36,43$. On constate, ainsi que Willstätter et Wasser l'ont indiqué, l'existence, dans les résidus de distillation de ce carbure, d'un composé solide, en très petite quantité, sans doute un polymère $(C^8H^{14})^n$.

Δ_1-*Méthylcyclooctène* $\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CH^2-C-CH^3\\ | \qquad\qquad\qquad\qquad \|\\ CH^2-CH^2-CH^2-CH\end{array}$. — Si l'on fait réagir l'iodure de méthylmagnésium sur la cyclooctanone, on obtient l'alcool tertiaire attendu, mais ce dernier ne peut être isolé à l'état pur, car lorsqu'on le distille, même dans le vide, il perd facilement une molécule d'eau pour donner le carbure éthylénique, le Δ_1-méthylcyclooctène, qui se présente sous la forme d'un liquide incolore, bouillant vers 158°-160° ($d_{15°}=0,8515$; $n_D^{15}=1,4673$; R. M. trouvée : 40,42; calculée pour C^9H^{16} : 41,09). Nous avons pu caractériser ce carbure en préparant son nitrosochlorure, qui est cristallisé et fusible à 107°-108°, tandis que le nitrosochlorure du cyclooctène que nous avons obtenu est, au contraire, liquide.

Nous nous proposons de continuer nos recherches dans cette série cyclooctanique.

([1]) *Ber. der deutstch. Chem. Gesel.*, 43, 1910, p. 1180.

GÉOLOGIE. — *Conceptions nouvelles sur la tectonique des Alpes franco-italiennes.* Note de M. F. **Hermann**, présentée par M. Pierre Termier.

La découverte faite en compagnie de M. E. Raguin, au sein de la *nappe des Schistes lustrés*, en Maurienne, de plusieurs lames de gneiss et de micaschistes, en tout semblables à ceux des lambeaux valdôtains de la *nappe de la Dent Blanche*, aux lames des vallées de Lanzo et de Suse, et aux paragneiss de la masse principale de cette dernière nappe [1], ainsi que la connaissance directe, acquise en ces lieux et cette savante compagnie, de la nappe des Schistes lustrés, m'ont imposé des rapprochements et une révision, en partie sur les lieux, de mes observations dans les Alpes Pennines, la vallée d'Aoste, les vallées de Lanzo et de Suse et plus loin au Sud. J'ai saisi ainsi l'importance capitale et essentielle de cette découverte de M. Pierre Termier, pour une nouvelle conception surtout de la tectonique des masses penniques.

La dispersion singulière des masses sialiques prétriasiques de la nappe de la Dent Blanche au sein des nappes des Schistes lustrés, en un essaim de lames et d'écailles, s'éclaircissant vers le Sud et la disparition brusque des *racines* présumées (zone Sesia), à Ceres et Viù, ainsi que la tectonique de ces lieux, indiquent nettement que l'on est en présence des traînées postérieures terminales de la nappe de la Dent Blanche, sortant complètement hors de l'*étau* par son extrémité Sud-Ouest et s'y enfonçant graduellement *en travers*, vers le Nord-Est, et non pas de ses racines [2].

---

[1] Dans une Communication que j'ai faite en août dernier, à Bâle, devant la Société helvétique des Sciences naturelles, j'ai mis ces faits en relation avec les lames effilochées et ennoyées généralement dans les roches vertes, soit des vallées de Lanzo et de Suse, soit du Col Rosset (haut Valsavarenche), soit (G. B. Dal Piaz) de la Tour, sous la Grivola, ainsi qu'avec les masses un peu plus importantes, mais de structure analogue, de Ceres et de Viù, que l'on considérait jusqu'ici comme les *racines* de la nappe de la Dent Blanche. J'ai tenté aussi d'indiquer plusieurs nappes secondaires, ayant glissé l'une sur l'autre, contenues dans la masse des Schistes lustrés. On peut encore admettre, quant aux régions au nord-est de Tignes, l'existence d'un niveau non continu de Schistes lustrés, transgressif, mais en place, sur une nappe du Grand Saint-Bernard (continuation valdôtaine et pennine de la Vanoise-Mont Pourri) en grande partie émergée jusqu'à leur dépôt, ainsi que sur les parties frontales de la nappe Mont Rose-Grand Paradis. C'est une question à approfondir et à résoudre.

[2] Cette constatation bouleverse complètement la notion de nappes. Elle apporte un singulier appui à la conception sur la genèse des Alpes qui voit dans les nappes

Cette sortie en travers est accompagnée du phénomène, que j'avais déjà indiqué (*op. cit.*, note), de l'extrusion passive de roches simiques lourdes, entourant les traînées postérieures de la nappe, remplaçant fonctionnellement les masses sialiques, absentes ici entre les *mâchoires de l'étau*. Ces masses simiques viennent même jouer accidentellement un rôle de noyau anticlinal, passif toujours, sur la plus grande part du versant nord de la vallée de Suse, dans le faisceau des nappes de Schistes lustrés. Ce fait, visible sur les cartes, l'est encore mieux de points bien choisis du versant opposé.

On voit nettement, sur ce versant nord de la vallée de Suse, la continuation des phénomènes découverts à l'Ouest par M. Pierre Termier, la trace du charriage, du *rabotage* plutôt, des masses Schistes lustrés-Dent Blanche, ayant rasé les deux renflements Dora Maira et Ambin du prolongement méridional de la nappe du Grand Paradis ([1]); on voit la partie inférieure de ces masses buter, au nord de Suse, en discordance complète, contre le massif d'Ambin, dans la *selle* de Suse-Cesana, qui, avec celle du M. Orsiera-Roc Ciavré, indique nettement les sillons où passaient (et pesaient), de la Maurienne au Queyras, les masses principales prétriasiques, dont il reste, d'ailleurs, plus de traces que l'on ne croit ([2]). Dans les régions plus méridionales la nappe des Schistes lustrés et ses faux noyaux simiques, ayant ainsi dépassé complètement les masses de Dora-Maira, leur semblent antérieures tandis qu'elles leur sont sous-charriées, ce qui n'est dû qu'à la continuation du plissement.

Le noyau prétriasique de la nappe des Schistes lustrés (nappe de la Dent Blanche, *guirlande* thétique de la Dent Blanche) a donc cheminé contre l'Europe, au moyen d'un nombre de charriages impossible à préciser : de cette masse même sur ses dépôts côtiers (Schistes lustrés); de masses simi-

penniques l'aboutissement, dans le temps et dans l'espace, de guirlandes sialiques analogues aux îles de la Sonde ou aux Antilles, c'est-à-dire à quelque chose de réellement existant sous nos yeux, ce qui n'est guère le cas des géosynclinaux, que l'on ne saurait retrouver dans la nature), flottant sur et dans un sima thétique et, sous la poussée dinarique, embouties contre le continent européen, que j'ai formulée il y a quelque temps [*Paléogéographie et genèse penniques* (*Ecl. Geol. Helv.*, 19, III, 1925, p. 604)].

([1]) Ce rabotage se voit également sur les carapaces du Grand Paradis et du Mont-Rose, sauf dans les parties tout à fait frontales, épargnées; il se voit aussi à la surface des massifs Ambin et Dora-Maira.

([2]) C'est ainsi que s'explique la présence de roches attribuables à la nappe de la Dent Blanche, aux environs de Briançon (Pierre Termier et Wilfrid Kilian).

ques ondulées, puis plissées, avec une vitesse supérieure à la compensation isostatique, l'une sur l'autre et sur les dépôts côtiers, bathyaux, abyssaux; de paquets de ces dépôts l'un sur l'autre et, à la fin, sur les autres guirlandes antérieures.

Cette sortie en travers de la nappe Schistes lustrés — Dent Blanche, tangentielle à l'arc alpin, au lieu même de transition du charriage au sous-charriage du traineau dinarique ([1]), jointe à la conception de l'écrasement des côtes européennes antéalpines en un entassement d'écailles listriques, de façon à former, *pendant* l'avancée des masses penniques, l'arc des Alpes Occidentales ([2]), permettra enfin des notions mécaniquement admissibles sur la structure de cet arc.

Elle exclut, de façon absolue, toute autre interprétation que celle de M. Pierre Termier, sur le massif de Savone, qui ne peut être que dinarique.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Légumineuses. Les derniers stades du développement de l'embryon chez le* Medicago Lupulina *L.* Note ([3]) de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

On a pu voir précédemment comment, aux dépens des premiers blastomères, se différenciaient, chez le *Medicago Lupulina*, une tête embryonnaire composée de huit octants et un suspenseur d'assez grandes dimensions formé de gros éléments à rôle nutritif.

Les quatre octants supérieurs (*l*, *fig.* 16) peuvent se segmenter par des cloisons quelquefois verticales (*fig.* 19), normales aux parois méridiennes, mais le plus souvent horizontales parallèles à la paroi équatoriale. A ces premières cloisons succèdent de nouvelles parois dont l'ordre et l'orientation sont de plus en plus difficiles à déterminer, au fur et à mesure que procède la segmentation. Toutes ces divisions aboutissent finalement à la formation de trois à quatre assises cellulaires, dont l'extérieure, au terme de la vie proembryonnaire (*fig.* 24), paraît nettement différenciée en dermatogène. Aux dépens de ce massif cellulaire hémisphérique se développent les deux cotylédons et le point végétatif de la tige.

([1]) D'autres faits analogues ne manqueront pas de s'imposer bientôt. Il est en tout cas probable que les masses sialiques (Canavese, gneiss Strona, etc.) sortent en travers, vers le Sud-Ouest, du sein des roches ultra-simiques de la zone des amphibolites d'Ivrée, que l'on considère comme la racine de quelques nappes austro-alpines, ainsi que des Préalpes.

([2]) *Problèmes de géologie alpine* (*Bull. de la Flore Valdôtaine*, 19, 1927, p. 1).

([3]) Séance du 21 novembre 1927

Dans les quatre octants inférieurs (l', *fig.* 16), les premières cloisons sont normales aux parois méridiennes; puis apparaissent des cloisons transversales qui séparent toutes les cellules originaires des octants inférieurs en deux assises horizontales (*ph* et *h*, *fig.* 21). L'assise *ph*, comme chez le *Trifolium minus*, représente l'hypocotyle; par segmentations verticales, et transversales, elle donne naissance à un groupe cellulaire, au sein duquel on ne distingue qu'assez tardivement les limites de démarcation

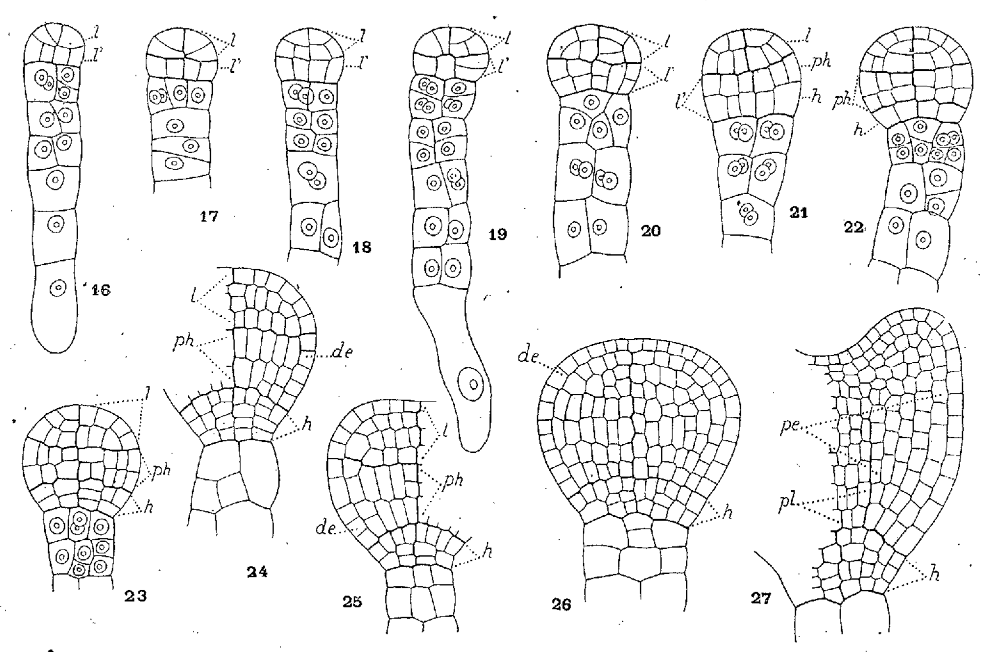


Fig. 16 à 27. *Medicago Lupulina* L. — Les dernières étapes du développement embryonnaire. *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs; *ph*, partie hypocotylée; *h*, hypophyse; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. = 330.

des trois histogènes. Comme chez le *Trifolium minus* également, l'assise *h* correspond à l'hypophyse; elle engendre les initiales de l'écorce au sommet radiculaire et la portion médiane de la coiffe; les processus de division, quoique moins réguliers que chez le *Trifolium*, sont néanmoins soumis aux mêmes lois. On peut observer, dans certains cas favorables, les mêmes différenciations secondaires, l'assise *h* donnant d'abord deux couches cellulaires horizontales (*fig.* 23), puis quatre séries longitudinales d'éléments. Ces séries se cloisonnent surtout transversalement et contribuent ainsi à l'allongement de la portion culminante de la coiffe, établissant la liaison avec le suspenseur.

Ainsi, chez le *Medicago Lupulina* comme chez le *Trifolium minus*, il se constitue une hypophyse véritable qui tire son origine, non de la portion supérieure du suspenseur, mais des éléments les plus inférieurs de l'embryon proprement dit, et dont les processus de division sont étroitement

comparables. Néanmoins, il existe entre les deux espèces des différences importantes. L'embryon proprement dit, qui, chez le *Trifolium*, prend naissance aux dépens de la cellule apicale du proembryon bicellulaire, se développe, chez le *Medicago*, aux dépens de la cellule fille supérieure de cette cellule. Chez le *Trifolium*, en outre, les quadrants se disposent en tétraèdre et l'un deux, occupant le sommet, devient une épiphyse à rôle bien déterminé; chez le *Medicago*, les quadrants, séparés par deux cloisons cruciales, se placent dans un plan horizontal et aucun d'eux ne se spécialise en cellule épiphysaire. Enfin, chez les deux plantes, le suspenseur présente une forme et des dimensions bien dissemblables; il diffère aussi au point de vue de son origine, puisque, dans le *Trifolium*, il provient uniquement de la cellule basale, tandis que, chez le *Medicago*, la cellule basale et la cellule fille inférieure de la cellule apicale concourent à sa formation.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'hérédité du sexe chez les hybrides d'œillets et spécialement chez* Dianthus barbatus *L.* × D. Caryophyllus *L.* Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

En 1922, j'ai décrit ([1]) un nouvel hybride d'œillet, *Dianthus Caryophyllus* × *Seguieri*, en insistant sur le dimorphisme sexuel des produits; dans la descendance, dérivée d'un *D. Caryophyllus* femelle, toutes les premières fleurs étaient femelles; tardivement il apparut sur un faible pourcentage d'individus des fleurs hermaphrodites pourvues d'une ou de quelques étamines, rarement le nombre complet (10); enfin les fleurs femelles étaient petites, l'étalement des corolles étant inférieur à 7^{mm} alors qu'il atteint fréquemment 20^{mm}, mais dépasse toujours 15^{mm} dans les fleurs hermaphrodites. J'ai montré depuis ([2]) la fréquence de ces corrélations de caractères sexuels secondaires chez les Caryophyllées.

Les faits décrits ici ne se produisent pas avec les lignées banales ou cultivées de *Dianthus barbatus* L., ou du moins ils ne constituent pas la règle. J'utilise pour mes études deux plantes récoltées en juillet 1922 à l'Hospitalet (Pyrénées-Orientales, 2000^{m}) au milieu d'une colonie impor-

---

([1]) *Sur un hybride de* Dianthus Caryophyllus *L.* × Seguieri *Chaix* (*Bull. Soc. Bot. France*, **69**, 1922, p. 548-556 et 1 figure).

([2]) *Sur le dimorphisme sexuel et la variabilité spécifique* (*Bull Soc. Bot. France*, **71**, 1924, p 265-273 et 2 planches).

tante de *D. barbatus* sauvage; parmi plus de 350 individus fleuris et hermaphrodites, j'y ai trouvé quatre plantes strictement femelles expédiées le jour même à la Station Berthelot à Bellevue (S.-et-O.) où deux plantes ont survécu et prospéré jusqu'ici; ce sont mes géniteurs femelles. Je les féconde depuis 1923, chaque année, avec les *Dianthus* disponibles dans cette station (*D. chinensis*, *superbus*, *monspessulanus*, *plumarius*, *deltoïdes* et quelques formes horticoles); j'obtiens régulièrement un bon nombre de graines bonnes, en apparence bien conformées, plus ou moins grosses. En réalité, le déchet à la levée est énorme, sauf lorsque le croisement a lieu avec des lignées de l'espèce type *Dianthus barbatus* L. *Tous les individus dérivés de ces deux plantes sauvages*, D. barbatus *l'Hospitalet* ♀, *ont été jusqu'ici sans exception strictement femelles*.

Deux cas méritent un examen particulier. J'ai isolé dans les lignées cultivées de l'Œillet de poète une forme héréditaire de *Dianthus barbatus* qui présente la singularité que les *fleurs jeunes* et alors strictement mâles sont blanc crème et les fleurs âgées et alors strictement femelles sont rouge vif. Or, cette particularité est transmise comme caractère dominant, même en l'absence d'étamines, au croisement *Dianthus barbatus* l'Hospitalet ♀ × *D. barbatus* à mosaïque sexuelle. Ici la fécondité des hybrides est très grande, normale.

D'autre part le croisement *Dianthus barbatus* l'Hospitalet ♀ × *D. Caryophyllus* (lignée d'origine suisse) réussit chaque année et les produits sont fertiles. Comme traits, ils rappellent les hybrides signalés tout récemment (1922) dans le *Synopsis der M. Eur. Flora* de P. Graebner (fasc. 105, p. 448), mais ils en diffèrent nettement par la taille et par le coloris des fleurs. Pour les hybrides trouvés dans la nature en Hongrie et au Tyrol, dont la qualité sexuelle n'est pas indiquée et qui doit être hermaphrodite, les fleurs sont de la taille et de la couleur rouge sang du *D. Caryophyllus* hermaphrodite (25 à 55^{mm}); chez mes hybrides les fleurs sont strictement femelles, rose pâle et leur diamètre à l'étalement ne dépasse pas 20^{mm}; ici les caractères sexuels secondaires maternels l'emportent.

En résumé, dans certains hybrides d'Œillets, les produits obtenus par croisements divers à partir de progéniteurs femelles sont strictement, ou régulièrement femelles, pendant la majorité de leur vie. Mais il semble, d'après les expériences faites à partir du *D. barbatus* ♀ de l'Hospitalet, à petites fleurs, que la transmission simultanée du sexe et des caractères sexuels secondaires, corrélatifs à l'état sauvage (fleurs pâles, fleurs petites), ne se produit que dans les croisements entre espèces éloignées, l'inverse

ayant lieu pour les fécondations des mêmes progéniteurs par un *Dianthus barbatus* cultivé. Comme très peu de graines (moins de 1 pour 100) sont formées dans les hybrides d'espèces de *Dianthus*, que très peu (moins de 1 pour 20) de ces graines hybrides germent, il est possible que *la transmission unilatérale des caractères maternels* chez les *Dianthus* et les autres Caryophyllées, *soit due à la meilleure constitution*, ou à la plus forte résistance, *des graines offrant héréditairement les caractères maternels*.

ZOOLOGIE. — *Quelques effets de la sécheresse sur les Vertébrés supérieurs de l'Afrique du Nord.* Note de M. **L. Lavauden**, présentée par M. P. Marchal.

Les dernières années ont été, pour l'Afrique du Nord, et plus spécialement pour la Tunisie, des années sèches ou très sèches. Cette sécheresse accentuée a eu, sur les populations animales de ces régions — et plus particulièrement sur les Mammifères et les Oiseaux — des effets qui ne sont pas sans intérêt scientifique.

Nos observations, effectuées surtout dans le nord et le sud de la Tunisie, ont porté sur les Mouflons et les Gazelles, pour les Mammifères; sur les Perdrix et sur différentes espèces de Rapaces, pour les Oiseaux; tous animaux que nous avons été à même d'observer et d'étudier fréquemment au printemps et en été, et qui présentent un intérêt particulier en raison du rôle qu'ils jouent dans l'économie cynégétique des régions qu'ils habitent.

Lors des sécheresses intenses, il y a disparition absolue de la végétation verte à partir du 15 juin. A ce moment, il n'y a plus que de l'herbe et des brindilles sèches, et en quantité souvent insuffisante. De plus le tarissement des sources est, pour ainsi dire, total. Malgré quoi d'ailleurs les animaux meurent rarement de soif. L'air du sud tunisien, en effet, contient toujours une très forte proportion de vapeur d'eau, et l'énorme différence de température entre le jour et la nuit [1] amène des condensations *extrêmement abondantes* sous forme de rosée, ou même de gelée blanche. Les Gazelles s'en contentent et peuvent rester tout l'été sans venir aux sources. Les Mouflons, à ce point de vue, sont moins résistants.

(1) En été, on observe des températures de 47° à 50° pendant le jour, et de 6° à 8° un peu avant l'aurore.

La caractéristique de ces années sèches, *c'est que les animaux ne s'y reproduisent pas*. Le fait est absolument général.

Chez les Mouflons et les Gazelles, cette absence de reproduction est accompagnée — ou conditionnée — par des phénomènes pathologiques, allant jusqu'à l'*atrophie testiculaire momentanée*, et se manifestant, accessoirement, par un amaigrissement marqué, une voussure dorsale exagérée, des troubles articulaires, des déviations dans les aplombs, et même des déformations des cornes. Il y a, en somme, une véritable *cachexie osseuse*, tendant parfois à l'*ostéomalacie*.

Le plus souvent, ces phénomènes sont temporaires. Ils cèdent à l'abondance relative ramenée par les pluies d'hiver, et laissent d'ordinaire peu de traces. Cependant, chez les animaux très fortement atteints, des lésions peuvent persister : notamment la déformation dissymétrique des cornes, la voussure dorsale, et diverses tares osseuses ou articulaires des membres.

Nous connaissons même un cas où la diminution de résistance du tissu osseux a amené, chez un mâle adulte de Gazelle dorcas, une fracture spontanée d'un membre antérieur. Cette lésion, qu'on peut observer parfois chez les toutes jeunes Gazelles, est sans exemple sur une Gazelle adulte et saine.

Ajoutons que ces manifestations morbides s'accompagnent d'un état particulier de dégradation du poil, qui se décolore, devient cassant, irrégulier, et prend un aspect caractéristique, très reconnaissable, même de loin.

Chez les Perdrix, l'absence de reproduction en année sèche est également la règle. Les couples ne nichent pas. Tantôt ils restent appariés (mais non accouplés); tantôt, au contraire, ils se réunissent en compagnies d'adultes, compagnies très nombreuses, pouvant comprendre jusqu'à quarante ou cinquante individus. Ces compagnies sont très farouches et prennent volontiers des allures erratiques.

A l'autopsie, on constate, aussi bien chez les ♂ que chez les ♀, que les organes génitaux ne sont pas développés. Les testicules des ♂ conservent leurs dimensions hivernales, 2 à 3^{mm}, alors qu'en cas de pariade normale ils atteignent couramment 8 à 10^{mm} de diamètre.

Mais, au rebours de ce que nous avons constaté chez les Mammifères, l'état physiologique des individus reste très prospère. Ce phénomène surprenant est absolument général. On dirait que la suppression de la dépense physiologique intense occasionnée aux Oiseaux par la maturation annuelle de leurs organes génitaux, laisse à leur organisme une marge suffisante pour supporter, sans paraître en souffrir, les plus affreuses disettes.

Chez les Rapaces, qui vivent de proies vivantes, et n'ont par suite à souffrir qu'indirectement du manque de végétation, la non-reproduction en années sèches n'est pas aussi générale. Elle existe, cependant. Chose très curieuse, les individus ayant niché se montrent en mauvais état, maigris, voire cachectiques, alors que ceux qui n'ont pas niché (ce qu'on reconnaît immédiatement à l'examen anatomique) sont au contraire en parfait état, et même anormalement gras.

Les troubles que nous venons de décrire sont évidemment dus à une carence d'ordre alimentaire. Mais leur mécanisme reste encore quelque peu incertain. Nous pouvons seulement indiquer que la cachexie osseuse des Gazelles et des Mouflons n'a certainement pas pour origine l'insuffisance des phosphates dans l'alimentation, la plupart des terrains du sud tunisien, où ont été faites nos observations, étant naturellement très fortement phosphatés. Il nous paraît probable qu'il faut invoquer à la fois le manque de vitamines, lié à l'absence totale de végétation verte, et l'insuffisance *quantitative* de l'alimentation générale.

PHYSIOLOGIE. — *Démonstration de l'existence de protides de réserve dans le foie de Mammifères.* Note de MM. **Th. Cahn** et **A. Bonot**, présentée par M. Roux.

Dans une Note antérieure ([1]) l'un de nous a déjà exposé les difficultés rencontrées pour établir l'existence de protides paraplasmatiques ou de réserve, disparaissant des tissus au cours du jeûne. A l'état normal comme après l'inanition prolongée, on trouve en effet que les protides des divers tissus des Mammifères ont toujours à peu près même teneur en azote. Ceci ne prouve nullement l'existence d'un protide unique dans ces tissus, mais nécessite, pour que l'on puisse affirmer qu'il y en a plusieurs, disparaissant au cours du jeûne avec des vitesses différentes, un dosage individuel des aminoacides constituants. Cette analyse *détaillée* devient inutile dans le cas privilégié où la constitution des albumines de réserve est si différente de celle des albumines protoplasmatiques, que leur teneur en azote se trouve être nettement modifiée. Ce cas se trouve être réalisé dans le foie de quelques espèces de Mammifères. Alors que nos analyses de *protides* ([2])

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1685.

([2]) Il s'agit de protides secs, dégraissés, débarrassés de cendres, de glycogène et d'extractifs.

des autres tissus montrent toujours une teneur en azote de 15 à 16 pour 100 (à l'état normal comme après le jeûne) les protides du foie accusent des différences permettant une interprétation non équivoque.

A l'état normal les pourcentages d'azote des protides hépatiques sont faibles et variables, après une inanition prolongée (perte de poids de l'animal d'au moins 30 pour 100) ces teneurs augmentent, deviennent uniformes et semblables à celles des protides des autres tissus. Nous donnons à titre d'exemple les chiffres ci-dessous :

Teneurs en azote de 100g de protides du foie.

Chiens normaux	14g,05 10,98	Chiens inanitiés	16g,20 15,90
Lapins normaux	13,10 10,30	Lapins inanitiés	15,85 15,00
Cobaye normal	14,70	Cobaye inanitié	15,60

L'augmentation de la teneur en azote de 100g de protides est très nette dans l'inanition ; elle est le témoin de la disparition des protides de réserve dont la constitution doit être essentiellement différente des protides protoplasmiques, vu leur faible pourcentage en azote. Les analyses détaillées de ces albumines hépatiques ne font que confirmer ceci.

Si d'autre part nous pouvons mettre en évidence dans le foie au cours de l'inanition l'augmentation par rapport aux protides d'un autre constituant cellulaire, nous aurons une nouvelle preuve aussi forte, quoique d'ordre différent, de l'existence des albumines de réserve. En dosant l'acide nucléinique par son phosphore (¹) nous avons trouvé une augmentation considérable de ce constituant au cours du jeûne. Voici quelques données numériques à l'appui de cette affirmation.

Phosphore nucléinique pour 100g de protides du foie :

Chien normal	0g,330	Chien inanitié	0g,540
Lapin normal	0,301	Lapin inanitié	0,470
Cobaye normal	0,312	Cobaye inanitié	0,496

Nous devons signaler comme particulièrement intéressant le cas du cobaye, chez lequel la teneur en azote des protides ne varie que peu au

(¹) *Annales de Physiologie et de Physicochimie biologique*, 3, 1927, p. 4.

cours du jeûne, et où cependant l'existence d'albumines paraplasmatiques se trouve confirmée par l'augmentation de la concentration en acide nucléinique, aussi grande que chez les autres espèces.

En résumé nous conclurons :

1° Qu'il y a des protides de réserve dans le foie;

2° Que ces protides de réserve ont une constitution très différente de celle des albumines protoplasmiques pour certaines espèces animales;

3° Que la vitesse de disparition nettement plus grande des protides que de l'acide nucléinique justifie pleinement la conception de *paraplasme albuminoïde* émise dès 1923 par Le Breton et Schæffer.

PHYSIOLOGIE. — *Création des réflexes conditionnels sur la diurèse.* Note de M. K. M. **Bykow** et **Alexeiew Berkman**, présentée par M. F. Mesnil.

En étudiant l'influence du Ca sur la diurèse, chez des chiens à fistules permanentes des uretères, nous avons constaté le fait suivant : les chiens qui avaient reçu plusieurs fois un lavement de 100^{cm^3} d'eau présentaient, dès leur installation dans l'appareil, une augmentation de l'excrétion urinaire par rapport à la normale. Nous avons supposé qu'il pouvait s'établir un lien entre les conditions de l'expérience et l'action sur le rein de l'eau introduite dans le rectum. Cette supposition a été vérifiée de la manière suivante : l'eau était introduite dans le rectum et immédiatement retirée à l'aide d'un siphon. Cette opération provoquait toujours l'excrétion d'une quantité d'urine égalant ou même dépassant celle excrétée lorsque l'eau introduite dans le rectum y était laissée. Plus tard, la seule introduction du tube employé pour le lavement suffisait, sans eau, pour provoquer l'excrétion urinaire. C'était là un phénomène du type d'un réflexe conditionnel comme il en a été signalé pour l'appareil digestif par notre maître Pavlov. Pour nous en assurer, nous avons essayé d'éteindre le réflexe ainsi formé, et, après quelque temps, nous y avons complètement réussi. Seule, subsistait une certaine augmentation, en comparaison avec la normale, pendant le premier quart d'heure. Cette augmentation paraissait liée au fait de l'installation de l'animal dans l'appareil, comme un des composants de l'excitant complexe formé par l'ensemble des conditions de l'expérience. Nous l'avons vérifié par le procédé suivant : le chien étant placé dans l'appareil, nous notions l'excrétion urinaire pendant deux heures; l'animal était ensuite ramené dans sa cage et, une demi-heure après, replacé dans

l'appareil. Cette nouvelle mise dans l'appareil causait une nouvelle augmentation de l'excrétion, quoique moins forte que la première.

Pour mieux montrer le rôle de chacun des composants de l'excitant complexe, nous introduisions de l'eau dans le rectum en même temps qu'un sifflement se faisait entendre. Après 15 à 20 expériences ainsi combinées, nous avons recherché quelle pouvait être l'influence de la mise dans l'appareil, dans une pièce déterminée, sans accompagnement du sifflement. Elle a produit l'effet attendu. Alors, dans l'expérience suivante, nous faisions entendre un sifflement pendant la mise de l'animal dans l'appareil : l'excrétion urinaire se montrait notablement plus forte que dans les mêmes conditions sans sifflement.

Nous nous sommes proposé alors d'établir des différenciations. Le chien était placé dans l'appareil, dans une pièce déterminée, et tous les jours de l'eau était introduite dans son rectum. Après quelques jours, la seule mise dans l'appareil provoquait une excrétion aussi abondante que le lavement. Le même chien était alors placé dans l'appareil dans une autre pièce où on ne lui avait jamais fait de lavement. Au début, dans cette pièce également, la diurèse était très abondante; mais elle a rapidement diminué. Après quelque temps, le fait d'être placé dans l'appareil dans une pièce où le lavement est habituellement administré provoquait une diurèse élevée, alors que la même mise dans l'appareil dans une autre pièce (pour la différenciation) provoquait une diurèse tout à fait insignifiante. Nous pouvions ainsi, en plaçant le chien dans l'une ou dans l'autre pièce, obtenir à volonté une quantité d'urine déterminée.

Nous avons ainsi démontré qu'il était possible de créer un réflexe conditionnel de la diurèse en établissant un lien entre un facteur extérieur quelconque et l'état hydrémique du sang. Il est évident qu'un certain état physico-chimique ou chimique se reflète dans l'écorce cérébrale, et si, à ce moment, quelque excitant vient à agir sur une région réceptrice, un lien s'établit entre les deux points excitables de l'écorce.

Ce lien est, certes, d'un ordre très général et très mal défini, mais en même temps très stable.

Ce phénomène ne doit pas être perdu de vue lorsqu'on étudie l'influence des différents agents physiques et chimiques sur le rein, car, outre l'influence immédiate de l'excitant sur le tissu ou les vaisseaux du rein, il faut compter avec les liens conditionnels qui se forment inévitablement.

L'influence des substances médicales employées d'une façon prolongée et l'adaptation des organes à un régime déterminé semblent avoir pour

cause cette formation de nouvelles liaisons. Des phénomènes tels que la grossesse imaginaire, le diabète des boursiers, etc., trouveront dans ce phénomène leur substance physiologique.

Le principe de la liaison temporaire paraît être d'une application universelle dans l'organisme. L'étude de ces relations compliquées, qui se manifestent au cours du fonctionnement des organes, permettra d'influencer grandement et de diriger à notre gré l'activité de tel ou tel organe.

Nous sommes actuellement en train d'étudier les voies de formation des liaisons temporaires pour le rein.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Distinction entre les mesures d'excitabilité et les mesures de vitesse d'excitabilité neuro-musculaires : un nouveau test d'excitabilité.* Note de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

La chronaxie, la constante linéaire [1] sont des paramètres permettant le classement des nerfs et des muscles au point de vue de leur rapidité. La rhéobase seule permet de voir si l'excitabilité est plus ou moins conservée. On remarque en effet que, souvent, une préparation neuro-musculaire s'achemine lentement vers l'inexcitabilité sans que la chronaxie atteste ce changement; par contre la rhéobase croît progressivement. On ne peut cependant faire de la rhéobase un paramètre d'excitabilité car sa valeur dépend de trop de conditions sans rapport avec l'état fonctionnel.

Le coefficient K de notre formule logarithmique reliant la constante linéaire (C. L.) à la chronaxie (τ) nous est apparu au cours de nos expériences comme un paramètre d'excitabilité. En voici la raison. La formule [2]

$$(a) \qquad (\text{C. L.}) = K \log(1 + \tau)$$

se vérifie avec une bonne approximation pour de larges variations de τ et de (C. L.) sous l'action du chaud et du froid tant qu'on opère dans un intervalle de temps relativement court par rapport à celui où l'excitabilité périclite.

Si, au contraire, on compare les paramètres de vitesse (C. L.) et τ à de longs intervalles (plusieurs heures) au cours de l'évolution du nerf vers

(1) Ph. Fabre, *L'excitation neuro-musculaire par les courants progressifs* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 699).

(2) Ph. Fabre, *Relation entre la constante linéaire et la chronaxie* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 300).

l'inexcitabilité, on constate que le coefficient logarithmique K varie. A chaque stade sa valeur n'est pas affectée par le refroidissement et le réchauffement qui agissent parallèlement sur les paramètres de vitesse τ et C. L. Ces deux paramètres sont par contre affectés très inégalement par les causes de déchéance fonctionnelle, C. L. étant particulièrement diminué, en sorte que le coefficient K qui les relie décroît progressivement dans le temps. Il passe de la valeur 150 à la valeur 14 dans l'expérience suivante qui a duré 18 heures.

Excitation d'un sciatique gastrocnémien de grenouille (courants descendants) :

La moelle étant détruite, le nerf non coupé est placé dans la chambre excitatrice de Lapicque. L'animal est enfermé dans un thermostat saturé d'humidité. L'excitation se fait : 1° par courants progressifs interrompus, fournis par notre « excitateur linéaire » (mesure de C. L.); 2° par décharges de condensateurs (montage de Lapicque évitant les pertes d'électricité avant décharge :

Résistance série..................	25000 ohms
Résistance shunt.................	2500 ohms

(mesure de τ).

A. *Un quart d'heure* après dissection, on a

$$\tau = 0^{\sigma},19, \qquad \text{C. L} = 70^{\sigma}, \qquad \text{d'où} \qquad K = 150.$$

d'après la formule (a) où τ est évalué en $\frac{1}{10000}$ de seconde, C. L. en $\frac{1}{1000}$ de seconde (σ). On remarque la valeur très élevée de K. De plus, la durée efficace des courants progressifs est ici relativement longue. Ne pas confondre la secousse de fermeture avec celle d'ouverture ; on l'évite par le montage à décharge lente, mais la préparation est plus vite hors d'usage.

Durant la première heure la valeur de K décroît assez rapidement, surtout si l'on répète les mesures et si l'on modifie la température.

B. *Troisième heure.* — L'évolution de K se ralentit ; il devient possible de vérifier aisément la constance de K sous l'action du chaud et du froid :

	τ.	C. L.	K.
	σ	σ	
Réchauffement............	0,16	16	40
Refroidissement...........	0,21	20	40
	0,29	23	39

La préparation est conservée refroidie.

C. *Cinquième heure :*

	τ.	C. L.	K.
Réchauffement...........	$0^{\sigma},24$	$16^{\sigma},6$	31
	$0^{\sigma},19$	$13^{\sigma},8$	30

La valeur de K est passée de 40 à 30, mais on voit qu'elle reste constante malgré une rapide variation de température.

D. *Dix-huitième heure.* — La préparation a été conservée refroidie.

	𝔗.	C. L.	K.
	$0^{\sigma},32$	10^{σ}	16
Réchauffement.	$0^{\sigma},21$	7^{σ}	14

La valeur de K est tombée à la valeur 16 encore à peu près constante après le réchauffement; mais son action et celle des excitations répétées précipitent la fin de l'excitabilité.

Nous avons exécuté plusieurs expériences identiques, fait les mêmes remarques et toujours observé la diminution progressive du coefficient K au cours de la déchéance fonctionnelle du système. Ce coefficient mesure donc bien la valeur de l'excitabilité neuro-musculaire. Il est indépendant des causes (température) qui modifient la vitesse de cette excitabilité. Comme tel il ne fait pas double emploi avec les paramètres 𝔗 et (C. L.), dont la valeur peut à la fois dépendre des causes qui modifient la vitesse et de celles qui portent atteinte à l'intégrité fonctionnelle.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur le rayonnement mitogénétique des œufs d'oursin.* Note de MM. **G. M. Frank** et **S. J. Salkind**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans son livre : *Das Problem der Zellteilung, physiologisch betrachtet* (Berlin, 1926), le professeur Gurwitsch, envisageant le problème des mitoses des organismes, dits unicellulaires (protistes et œufs des métazoaires), émet l'hypothèse que les rayons mitogénétiques, provenant des matières mitogénétiques, localisées à l'intérieur de ces organismes, provoquent les mitoses, soit comme autoinduction, ou, ce qui paraît plus probable, comme mutoinduction.

L'émission mitogénétique de certains protophytes [levures (M. Baron, laboratoire Gurwitsch), *Bac. tumefaciens* (M. et Mme Magrou, Institut Pasteur)], tout en tranchant la question pour les protistes, ne peut nous fournir de preuves concluantes sur un point de première importance. Si la mitose est due effectivement à l'action mitogénétique, celle-ci, c'est-à-dire le rayonnement mitogénétique, doit précéder les mitoses. Ce point ne peut être élucidé que sur un matériel tout à fait favorable, tel que les œufs d'oursin.

Un séjour à la station biologique de Mourman (Arctique) nous a permis

d'accomplir les expériences en question. Les œufs d'oursin (*Strongylocentrotus dröbackensis*), fraîchement fécondés, se trouvaient dans un petit aquarium, dont le fond était formé d'une lame de quartz. Le détecteur (racine d'oignon) était situé au-dessous de l'aquarium et subissait l'action mitogénétique des œufs déposés sur le fond. Le laps de temps entre la fécondation et la première division de cette espèce étant assez long (2 heures 45 minutes), on a pu contrôler le pouvoir mitogénétique séparément pendant la première, la deuxième et la troisième heure.

Nos expériences ont montré, d'une façon concluante, que *l'émission mitogénétique des œufs fécondés n'a lieu que pendant la deuxième heure*. Elle précède donc la division cellulaire et correspond à la copulation des pronuclei. L'hypothèse de Gurwitsch se trouve ainsi pleinement vérifiée.

PROTOZOOLOGIE. — *Sur un Cilié parasite du* Clitellio arenarius *Müller. Ses relations avec l'*Opalina (Anoplophrya) filum *de Claparède*. Note de Mlle **L. Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Opalina filum a été trouvé par Claparède (1860) dans le tube digestif de l'Oligochète marin *Clitellio arenarius*. Saville-Kent (1881-1882), se basant sur la description de Claparède, en a fait une espèce du genre *Anoplophrya* Stein caractérisée par un corps allongé (500^{μ}), étroit, aplati, revêtu d'une ciliature uniforme — les cils de l'extrémité postérieure formant un pinceau —, l'absence de stries ciliaires nettes, le nombre élevé de vésicules contractiles (20 environ), disposées sur une seule rangée à peu près axiale, la division par scissions multiples postérieures à la manière d'*A. lineata* et *A. prolifera*.

Au cours de recherches faites à Roscoff sur des Oligochètes marins, j'ai retrouvé dans le tube digestif des *Clitellio* l'Infusoire qui répond strictement à la courte mais précise description de Claparède. J'ai fait de cet *Anoplophrya* mal connu une étude détaillée dont je ne puis songer à donner ici un résumé, même succinct. Je me bornerai, pour la clarté de l'exposé qui va suivre, à signaler quelques caractères importants qui ont échappé à l'attention de Claparède.

La région antérieure du parasite, légèrement renflée, déprimée sur une face, se termine en une pointe très obtuse que souligne un développement accusé de l'ectoplasme. Un sillon que j'interprète comme une gouttière orale, ou une fente péristomienne, est allongé, d'un seul côté, dans le profil

de cette pointe. La ciliature est du type holotriche, les cils longs et peu nombreux sont rangés sur des stries (50 environ) longitudinales très apparentes, peu distantes l'une de l'autre. Au pôle antérieur, la plupart de ces lignes ciliaires abordent perpendiculairement la fente orale ; au pôle postérieur, aucune n'atteint la pointe extrême ; la ciliature paraît ainsi taillée en arrière comme les soies d'une brosse. Le macronucléus, allongé, à peu près axial, se termine à peu de distance de ces deux pôles ; il a la forme d'une gouttière dans sa partie moyenne, ses extrémités sont renflées en massue. Le micronucléus, peu évident, est toujours situé dans son voisinage, ou lui est accolé, du côté opposé à la ligne des vacuoles contractiles. L'endoplasme est chargé de granules d'assimilation et de sphérules, probablement graisseuses, qui lui communiquent une légère coloration verdâtre. Le processus de division par scissions postérieures multiples n'a lieu que chez les individus de grande taille. Enfin, *A. filum* se montre exclusivement marin : il n'existe chez aucun Oligochète terrestre.

Outre l'*A. filum*, les *Clitellio* hébergent une autre forme ciliée plus petite (80 à 250$^{\mu}$) qui ne présente pas la morphologie générale de l'*A. filum* et ne rappelle aucunement celle des autres *Anoplophrya*. Comme la première, elle paraît être particulière aux *Clitellio* et se montre aussi fréquente. Une courte portion du tube digestif antérieur de ces Vers, correspondant au troisième segment sétigère, est souvent bourrée de ces infusoires de petite taille. Ils se multiplient par bipartition. Leur examen microscopique montre qu'il ne s'agit pas d'astomes : sous un sillon buccal, comparable à celui d'*A. filum* et contre lequel viennent buter 28 à 36 crêtes ciliaires, se voit une petite cavité limitée par une région très sidérophile. Cette cavité qui communique avec l'extérieur par un canal traversant le sillon oral doit être interprétée comme un cytopharynx : en arrière d'elle, chez des individus provenant de *Clitellio* conservés dans de l'eau de mer pure, on voit une large atmosphère endoplasmique claire qui, dans les conditions naturelles, est encombrée de particules ingérées. Dans l'endoplasme existent de nombreuses vacuoles alimentaires, sauf dans la partie postérieure où se trouvent accumulés des résidus destinés à être expulsés. Le corps renflé en avant, étranglé un peu au-dessous de la région pharyngienne, s'effile progressivement pour se terminer en pointe. Cette extrémité pointue, uniquement constituée par l'ectoplasme, est creusée d'un canal axial dans lequel s'engagent les résidus expulsés ; c'est un cytopyge.

Malgré cette organisation, ces petites formes offrent de nombreuses ressemblances avec *A. filum*. Leur ciliature est puissante et n'est pas développée

sur la pointe cytopygienne. La région antérieure, obtuse, est déprimée sur une face comme chez *A. filum*, et, comme dans cette espèce, elle se creuse parfois par soulèvement de ses bords, pour former une excavation comparable à celle de *Discophrya*. Le macronuléus en boyau allongé, la structure de l'endoplasme surchargé de granules et de sphérules, rappellent absolument ceux de l'*A. filum*; même coloration verdâtre; les vacuoles contractiles sont peu nombreuses (3 ou 4), mais elles forment une rangée régulière le long du macronucléus et sont situées du côté opposé au micronucléus; celui-ci, presque toujours appliqué contre le macronucléus, se montre aussi volumineux que chez *A. filum* et de même forme.

Bien que ces petites formes soient du type holotriche libre le plus net, leurs analogies de structure avec *A. filum* ne permettent pas d'écarter délibérément l'idée qu'elles peuvent en représenter une phase initiale, à nutrition encore holozoïque.

L'aspect que présentent certaines d'entre elles, observées à un niveau plus inférieur du tube digestif, me paraît légitimer cette conception. Ces formes ne diffèrent guère des précédentes que par leur taille accrue (300 à 400^{μ}), l'effacement de la pointe cytopygienne, l'absence de vacuoles alimentaires et de résidus digestifs, un nombre plus grand de vacuoles contractiles (5 à 9), une inertie relative qui contraste avec l'agilité des autres. J'interprète ces individus comme des formes intermédiaires qui abandonnent le mode de nutrition holozoïque devenu superflu et passent au mode osmotique des parasites internes.

AGROLOGIE. — *Sur les protozoaires des sols de l'Agenais.* Note de M. G. **Guittonneau**, Mme **J.-François Perey** et Mlle **M. Béjambes**, présentée par M. Lindet.

A la suite des travaux publiés en 1909 par Russell et Hutchinson (1), la Protozoologie des sols est entrée dans une phase descriptive assez féconde dont un récent travail de Sandon (2) vient de souligner tout l'intérêt. Il semblerait, d'après les résultats des observations déjà nombreuses enregistrées par cet auteur, qu'un petit nombre d'espèces de protozoaires

(1) E.-J. Russell and H.-B. Hutchinson, *The effect of partial sterilisation of soil on the production of plant food* (*Journ. Ag. Sc.*, 152, 1909, p. 111-144).

(2) H. Sandon, *The composition and distribution of the protozoan fauna of the soil*, 1927.

se retrouve fidèlement dans toutes les terres cultivées des régions tempérées.

A notre avis cette importante notion demande à être confirmée et surtout à être précisée par de nouvelles recherches, avant d'être commentée. En particulier il nous a semblé nécessaire de compléter notre documentation, actuellement réduite à quelques éléments ([1]), sur la microfaune des sols de nos principales régions agricoles françaises. La présente Note résume les renseignements d'ordre protozoologique que nous avons recueillis au cours d'une récente étude sur la biologie des sols de l'Agenais.

Les terres de cette région, où depuis une centaine d'années a prospéré la culture du prunier, sont toutes plus ou moins argileuses et plus ou moins riches en fer. Nos échantillons ont été prélevés à la tarière sur une épaisseur de 20^{cm} environ dans des parcelles, fumées ou non, dont nous connaissions l'histoire culturale grâce aux renseignements recueillis auprès de M. M. Carrère.

La *terre n° 1* provient d'un verger de pruniers non fumé situé au lieu dit Sept-Fons, commune de Sainte-Livrade. Formation géologique sous-jacente : *alluvions modernes*.

La *terre n° 2* provient d'une parcelle non cultivée située au lieu dit Moulin de Madame, commune de Villeneuve-sur-Lot. Formation géologique sous-jacente : *alluvions anciennes*.

La *terre n° 3* provient d'un verger de pruniers fumé, situé au lieu dit Vigoulette, commune de Casseneuil. Formation géologique sous-jacente : *mollasse de l'Agenais*.

La *terre n° 4* provient d'un verger de pruniers fumé situé au lieu dit Cardaillac, commune de Casseneuil. Formation géologique sous-jacente : *mollasse du Fronsadais*.

Dans le tableau suivant, on trouvera les résultats de nos examens protozoologiques effectués sur des dilutions successives allant du dixième au millionième, en prenant comme supports de cultures des plaques de gélose à l'extrait de terre ([2]).

([1]) Perey, *Ann. Sc. Agr.*, 39, 1923, p. 333-352.

([2]) Voir Mme J François-Perey, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 315.

	Nombre approximatif de germes par gramme de terre humide.			
	Terre n° 1.	Terre n° 2.	Terre n° 3.	Terre n° 4.
Flagellés.				
Oicomonas termo	1 000 000	50 000	500 000	500 000
Cercomonas sp.	1 000 000	25 000	250 000	500 000
Heteromita sp.	500 000	25 000	100 000	50 000
Sainouron mikroteron	une centaine	5 000	10 000	25 000
Tetramitus sp.	une dizaine	1 000	une dizaine	
Cercomastix sp ?		une centaine		une dizaine
Ciliés.				
Colpoda cucullus	une centaine	une centaine	500	une centaine
Colpoda steinii		une centaine	une dizaine	
Balantiophorus elongatus	une dizaine	une centaine	une dizaine	une centaine
Pleurotricha sp.		une dizaine		
Oxytricha sp.		une dizaine		
Gonostonum affine		une dizaine		
Euplotes sp.		une dizaine		
Vorticella microstoma		une dizaine		
Amibes.				
Hartmannella hyalina	10 000	250 000	500 000	50 000
Sp.-α	5 000	10 000	25 000	250 000
Amœba radiosa ?	une centaine	une centaine	une centaine	1 000
Chlamydophrys stercorea	une centaine	une centaine	une dizaine	une dizaine
Nuclearia simplex	une dizaine	une dizaine		une centaine

L'examen de ce tableau montre qu'une dizaine d'espèces de protozoaires, déjà signalés dans un grand nombre de sols, étaient régulièrement présentes dans toutes les terres de l'Agenais soumises à notre examen.

L'échantillon n° 2 se distinguait seul par la variété des formes de ciliés qu'il renfermait. L'une de ces formes, en particulier, appartient à la famille des Euplotes qui n'a été rencontrée jusqu'à ce jour que dans les sols de quelques régions (Angleterre, Ile Maurice, Egypte). Or la terre n° 2 ne différait pas sensiblement de la terre n° 1 par sa nature. Elle différait par contre de toutes les autres par ce fait qu'elle provenait d'une parcelle restée en friche depuis plusieurs années. A la surface de cette terre forte et inculte, dont les couches superficielles se sont fortement tassées, les eaux de pluie forment des flaques persistantes, éminemment favorables à la multiplication des protozoaires. Nous avons pensé que cette circonstance était de nature à expliquer la seule anomalie constatée au cours de notre étude.

PARASITOLOGIE. — *Races de* Stegomya fasciata *et fièvre jaune.* Note [1] de M. J. LEGENDRE.

Si l'on considère parallèlement le domaine géographique de la fièvre jaune et celui du *Stegomya fasciata* ou *Ædes argenteus* qui la propage, on constate que dans beaucoup de pays où vit et pullule ce moustique, le typhus amaryl est inconnu. Par exemple, malgré des relations maritimes séculaires avec la côte occidentale d'Afrique, de Saint-Louis du Sénégal à Saint-Paul-de-Loanda, où le vomito-negro a fait autrefois des hécatombes et où se rallume encore chaque année un petit foyer épidémique, les côtes de Mauritanie, les côtes sud-occidentale et sud-orientale du continent africain, Madagascar, les Mascareignes sont restées exemptes de fièvre jaune.

Cette immunité dure depuis l'époque où les voiliers allaient aux Indes par la route du Cap et s'est maintenue au temps de la navigation à vapeur, bien qu'avant 1901 aucune mesure n'ait été prise contre le *Stegomya* dont on ignorait le rôle. Quelle en est la raison?

Avant de connaître le rôle du *Stegomya*, on ne pouvait expliquer pourquoi le vomito-negro a un domaine géographique si restreint; on n'en a pas cherché la raison depuis; on admet que la maladie risque d'être introduite dans tous les pays à *Stegomya fasciata*. On a signalé à maintes reprises le danger du canal du Panama pour l'Extrême-Orient. Moi-même [2], à propos de Tamatave, j'ai demandé « d'écarter les risques d'introduction à Madagascar de la fièvre jaune de la côte occidentale d'Afrique ». Je croyais alors à cette possibilité, pensant que les *Stegomya fasciata* de tous pays étaient les mêmes, qu'il n'y en avait qu'un seul type, celui que j'ai étudié à Hanoï, à Tamatave, à Beyrouth, etc., à « larves fines et blanches » à imago svelte et élégant. Les larves épaisses et brunes, les imagos (grandeur nature) au corps trapu et rustique qu'on décrit et figure dans les traités me semblaient inexactement décrits et grossièrement figurés.

C'est ce dernier type de larve et d'imago que j'ai trouvé à Ouagadougou (Haute-Volta, Afrique occidentale française), terre de fièvre jaune, où je

---

[1] Séance du 25 juillet 1927.

[2] J. LEGENDRE, *Note sur les* Stegomya *de Tamatave* (*Bull. Soc. Biol.*, 12, 1918, p. 10).

les ai observés pendant deux ans, suivant au jour le jour leur évolution au cours des différents mois.

La grosseur des premiers spécimens d'imago me surprit, je n'en avais jamais vu de semblables. Cela m'amena à examiner les larves, épaisses et noirâtres, tout à fait différentes des larves fines et blanches, à siphon court d'un noir contrastant avec la teinte claire du corps que j'avais l'habitude d'observer.

L'imago provenant de ces larves possédant tous les caractères extérieurs qui distinguent *Ædes argenteus*, en particulier la lyre blanche sur le thorax et les anneaux blancs des pattes, j'admis l'existence de deux races de *Stegomya fasciata* : une grande race *africano-américaine*, celle des pays à fièvre jaune, et une seconde race, plus petite, *océano-indienne*, agent de transmission de la dengue, comme je l'ai établi le premier en 1911 d'après des observations faites à Hanoï.

En 1925, à Ouagadougou, je constatai que la dengue qui n'avait jamais été signalée en Haute-Volta ni au Soudan, y régnait à l'état épidémique sous sa forme la plus classique.

La grande race de Stegomya fasciata *des pays à fièvre jaune est donc apte à transmettre aussi la dengue.*

Par contre, je pense aujourd'hui que la *petite race océano-indienne*, agent de la dengue qui sévit souvent à l'état épidémique dans les pays où vit ce stégomya, est *inapte à transmettre la fièvre jaune* qu'on n'y a jamais observée.

Aux Indes anglaises, Giles [1] remarque que « la taille du *Stegomya fasciata* varie considérablement, est toujours modérée et souvent très petite; il existe même des spécimens nains ». Toutes choses que j'ai observées moi-même à Hanoï, à Tamatave, à Beyrouth et à Lataquié (Syrie).

Au Tonkin, à Madagascar et en Syrie, je n'ai jamais vu que la petite race de *Stegomya fasciata*.

A Ouagadougou je n'ai jamais vu que des spécimens de grande race. Ces deux races sont donc bien différenciées et fixées. La différence de taille entre la grande race ouest-africaine et la petite race océano-indienne est notable et frappe l'observateur; je ne puis l'apprécier en chiffres, ne les ayant observées que l'une après l'autre. La première peut être classée parmi les gros moustiques, la seconde parmi les petits.

Depuis l'ouverture du canal de Panama, aucun cas de fièvre jaune n'a été

---

[1] GILES, *Handbook of the Gnats and Mosquitoes.*

signalé en Extrême-Orient, *les craintes qu'on avait à ce sujet me paraissent injustifiées* pour les raisons que j'ai dites.

Le *Stegomya fasciata* n'est pas le seul insecte ni même la seule espèce de moustique qui comporte ainsi des variations dans son pouvoir infectant ou pathogène. Ces variations sont attribuées au virus, mais peuvent être et sont aussi bien *le fait de l'insecte hôte de passage du virus.* On sait que certaines espèces d'anophélines ne possèdent pas partout la même aptitude à transmettre la malaria. E. Roubaud a remarqué qu'en Afrique occidentale « il y a des *races géographiques locales* de glossines appartenant à une espèce donnée qui sont plus ou moins aptes à la transmission des trypanosomes [1] ».

L'expérimentation, forme mineure de l'observation, ne put que confirmer les données de l'observation épidémiologique et entomologique. L'extermination de la petite race est à poursuivre aux Indes, en Indo-Chine, à Madagascar et autres pays où elle inocule la dengue, de la grande race en Afrique occidentale française et anglaise, où elle maintient la fièvre jaune et une forme sévère de la dengue.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur la nature des organismes qui décomposent la cellulose dans les terres arables.* Note [2] de MM. **Selman A. Waksman** et **René J. Dubos**, présentée par M. S. Winogradsky.

Les sols agricoles bien pourvus d'azote assimilable décomposent rapidement la cellulose par l'activité de nombreux microbes comprenant les bactéries, les actinomycètes, les champignons et peut-être aussi les protozoaires.

Nos expériences nous ont conduits d'abord à la conclusion générale que l'addition de l'azote facilement assimilable rend beaucoup plus rapide la décomposition de la cellulose, mais reste sans influence sur la nature des agents de cette décomposition. Ce rôle revient plutôt à d'autres conditions telles que le taux d'humidité, l'aération du sol, sa réaction.

Ainsi, dans les sols saturés d'eau, la cellulose est décomposée surtout par des bacilles sporogènes semblables aux espèces décrites par Omeliansky,

---

(1) E. Roubaud, *Les mouches tsé-tsés en Afrique occidentale* (*Bull. études histor. et scientifiques de l'A. O. F.*), III, 1920.

(2) Séance du 21 novembre 1927.

Khouvine et Werner. Nous avons cependant isolé du sol une espèce bien différente, asporogène, qui est capable de décomposer le papier à filtrer dans un milieu purement minéral, sans dégagement de gaz; l'importance de son rôle dans le sol est encore à étudier.

Dans les sols aérés, c'est surtout la réaction qui semble déterminer la nature des organismes actifs. Quand l'acidité correspond à une valeur pH inférieure à 6,0, les champignons semblent être les seuls à attaquer la cellulose; la germination de leurs spores paraît même plus rapide dans un milieu acide; certaines espèces (telles que *Trichoderma*) se développent encore bien à un pH égal à 1,0.

Le nombre d'espèces de champignons, d'actinomycètes et de bactéries capables de décomposer la cellulose dans les sols neutres ou basiques bien aérés, est très grand, ce qui conduit à une compétition entre ces trois groupes de microorganismes. C'est alors le taux d'humidité qui décide de la domination de l'un ou de l'autre. Des expériences en culture pure dans de la terre stérilisée ont montré que l'humidité est à l'optimum pour tous ces organismes quand elle atteint 60 pour 100 de la saturation. Mais dans les conditions naturelles, les actinomycètes ne sont actifs que dans les sols secs, où les bactéries et les champignons ne se développent que très lentement. Quand les conditions d'humidité sont les plus favorables, ce sont les bactéries et les champignons qui envahissent le milieu; il est même probable que les bactéries se développent alors plus rapidement que les champignons.

En ajoutant de la cellulose à un sol convenablement humide, on y constate au bout de quelques jours un nombre immense de bactéries capables de décomposer la cellulose (plusieurs milliards par gramme de terre). On peut se servir, pour les dénombrements, de la méthode de silico-gel électif, ou mieux encore de la méthode des dilutions. Pour ce but, on emploie un milieu minéral légèrement basique (pH = 7,5) ne contenant qu'une faible dose d'azote ($0^g,500$ $NaNO^3$ par litre) et de la cellulose comme seule source de carbone. La réaction basique entrave le développement des champignons, tandis que la pauvreté du milieu en azote semble favoriser le développement des bactéries au détriment des champignons. Au bout de deux à trois jours, le papier subit déjà à sa surface un commencement de décomposition avec ou sans formation de pigments. Cette méthode nous a permis d'isoler plusieurs espèces nouvelles; les unes se développent sur tous les milieux conventionnels (groupe étudié par Kellermann); d'autres décomposent, en plus de la cellulose, quelques sucres et surtout l'amidon; d'autres,

enfin, ne pullulent qu'aux dépens de la cellulose à l'exclusion de tout autre aliment.

Le *Spirochæta Cytophaga* de Hutchinson et Clayton appartient à ce dernier groupe, ainsi qu'une bactérie qui lui ressemble, mais qui ne produit pas de formes coccoïdes.

Les microbes des deux derniers groupes semblent être, de beaucoup, les plus actifs et les plus nombreux dans les sols neutres, bien aérés.

A 16h, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 21 novembre 1927.)

Note de M. *C. Raveau*, Sur la théorie de l'électrostriction :

Page 1122, ligne 3, remplacer + par —.

ADDENDUM. — Si, dans la formule classique qui donne l'expression de $\frac{C}{c}$:

$$dQ = 0 = C\frac{\partial t}{\partial v}dv + c\frac{\partial t}{\partial p}dp,$$

on remplace p, v par n, E, on lit la condition (B).

Le lemme de M. Rocart s'établit en remplaçant p par A et développant c_A. La relation (A), comme (C), s'écrit immédiatement sans passer par ce lemme ni par l'expression (B).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **F. Henneguy** est élu Vice-Président pour l'année 1928 par 54 voix contre 2 à M. *L. Mangin*.

M. **P. Appell**, par 38 suffrages, et M. **L. Guignard**, par 39 suffrages, contre 2 à M. *Ch. Lallemand*, sont réélus membres des Commissions administratives.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Application du théorème du travail virtuel au mouvement avec frottement.* Note (1) de M. **Paul Appell**.

Dans les *Comptes rendus* (2) j'ai montré comment le théorème du travail virtuel peut être appliqué au glissement avec frottement à l'état de mouvement : la même méthode peut être étendue aux frottements de roulement et de pivotement à l'état de mouvement. Laissant l'étude du détail pour un

(1) Séance du 28 novembre 1927.
(2) *Extension des équations de Lagrange au cas du frottement de glissement* (*Comptes rendus*, 114, 1892, p. 331-336).

autre recueil, je me borne à l'indication essentielle qui est que la méthode consiste à considérer des déplacements *non compatibles* avec les liaisons à frottement, dans lesquels le travail virtuel des forces de liaison et en particulier des forces de frottement est *nul*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un cas particulier de diffraction des images solaires au foyer d'une lunette.* Note de M. **Maurice Hamy**.

L'éclat intrinsèque $\mathcal{E}$ du disque solaire, en un point situé à la distance angulaire ψ du centre, est représenté par la série convergente [1]

$$\mathcal{E} = A_0 + A_1\sqrt{1-\rho^2} + A_2(1-\rho^2) + A_3(1-\rho^2)^{\frac{3}{2}} + A_4(1-\rho^2)^2 + \ldots,$$

dans laquelle ρ désigne le rapport $\frac{\sin\psi}{\sin\varepsilon}$, ε le demi-diamètre de l'astre, et les coefficients A des constantes à déterminer par l'expérience. M'appuyant sur ce résultat, je me suis posé le problème suivant, en vue de créer une méthode d'observation correcte de la valeur de ε [2].

Un astre de diamètre angulaire 2ε, de l'ordre de grandeur de celui du Soleil, étant observé au foyer d'une lunette, diaphragmée par une fente rectiligne, de largeur a et de longueur h, trouver la valeur I de l'intensité lumineuse, le long de l'axe de symétrie de l'image, parallèle au grand côté de la fente, dans une direction faisant l'angle φ avec la droite allant de l'observateur au centre de l'astre.

$K_{2\sigma}$ et $K_{2\sigma+1}$ désignant des intégrales doubles, on a

$$I = \sum_{\sigma=0}^{\sigma=\infty} A_{2\sigma} K_{2\sigma} + \sum_{\sigma=0}^{\sigma=\infty} A_{2\sigma+1} K_{2\sigma+1}.$$

J'ai donné des formules permettant de calculer $K_{2\sigma}$, pour les points intérieurs au disque, les points voisins du contour apparent, et les points exté-

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 993.

(2) Le cas où l'on tient compte seulement du terme en A_0, dans l'expression de $\mathcal{E}$, se présente comme fournissant une première approximation de la question. J'ai montré (*Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 888) comment on doit alors procéder, dans les observations, pour obtenir la valeur absolue du diamètre de l'astre.

rieurs [1]. Il reste à évaluer $K_{2\sigma+1}$, défini par les formules

$$K_{2\sigma+1}=\int_{-1}^{+1}\left[\frac{\sin m(u-\alpha)}{u-\alpha}\right]^2(1-u^2)^\sigma du\int_{-1}^{+1}\left[\frac{\sin nz\sqrt{1-u^2}}{z}\right]^2(1-z^2)^{\sigma+\frac{1}{2}}dz,$$

$$m=\frac{\pi h\sin\varepsilon}{\lambda},\qquad n=\frac{\pi a\sin\varepsilon}{\lambda},\qquad \alpha=\frac{\sin\varphi}{\sin\varepsilon},$$

λ désignant la longueur d'onde de la lumière pénétrant dans l'œil.

Dans la présente Communication, je me propose de fournir quelques indications sur la détermination de $K_{2\sigma+1}$, pour $\alpha<1$ et pas trop voisin de 1. Par cette dernière expression, il faut entendre que le produit $2m(1-\alpha)$ doit être un nombre un peu élevé. Pratiquement m a une valeur considérable, 10^4 au moins, n est de l'ordre de grandeur de $\sqrt{m}$, et $\sigma\leqq 2$. Posons

$$L_{2\sigma+1}=-2\int_\gamma\frac{(1-u^2)^\sigma}{(u-\alpha)^2}E^{i2m(u-\alpha)}du\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos 2nz\sqrt{1-u^2}}{z^2}(1-z^2)^{\sigma+\frac{1}{2}}dz,$$

$$H_{2\sigma+1}=2\int_\gamma\frac{(1-u^2)^\sigma}{(u-\alpha)^2}du\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos 2nz\sqrt{1-u^2}}{z^2}(1-z^2)^{\sigma+\frac{1}{2}}dz,$$

le contour d'intégration γ étant la demi-circonférence de rayon 1, tracée dans la région des ordonnées positives, et le point de départ de la variable étant le point $z=-1$. On établit que l'on a

$$8K_{2\sigma+1}=4\pi m(1-\alpha^2)^\sigma\int_{-1}^{+1}\frac{1-\cos 2nz\sqrt{1-\alpha^2}}{z^2}(1-z^2)^{\sigma+\frac{1}{2}}dz$$
$$+\text{ partie réelle de }(L_{2\sigma+1}+H_{2\sigma+1}).$$

Posons

$$M_{2\sigma+1}=E^{i\pi\left(\sigma+\frac{1}{2}\right)}\int_\gamma\frac{(1-u^2)^\sigma}{(u-\alpha)^2}du\int_C\frac{(z^2-1)^{\sigma+\frac{1}{2}}}{z^2}dz,$$

$$J_{2\sigma+1}=E^{i\pi\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)}\int_\gamma\frac{(1-u^2)^\sigma}{(u-\alpha)^2}du\int_C\frac{\cos 2nz\sqrt{1-u^2}}{z^2}(z^2-1)^{\sigma+\frac{1}{2}}dz,$$

le binome $(z^2-1)^{\sigma+\frac{1}{2}}$ étant réel positif, le long de l'axe des abscisses, pour $z>1$, et le contour d'intégration fermé C contenant les points $z=\pm 1$ et l'origine $z=0$. On a $H_{2\sigma+1}=M_{2\sigma+1}+J_{2\sigma+1}$.

L'évaluation de $M_{2\sigma+1}$ s'obtient assez facilement par récurrence et

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1105, et **184**, 1927, p. 349.

en calculant un résidu. On trouve, pour $\sigma \geqq 2$,

$$\frac{1}{4\pi} M_{2\sigma+1} = 2\sigma + 1 + \sigma\alpha \frac{1.3\ldots\overline{2\sigma+1}}{2.4\ldots 2\sigma}(1-\alpha^2)^{\sigma-1} \mathrm{L}\frac{1-\alpha}{1+\alpha}$$
$$- 2\sigma\alpha^2 \sum_{p=0}^{p=\sigma-2} \frac{(2\sigma+1)(2\sigma-1)\ldots\overline{2\sigma-2p-1}}{2\sigma(2\sigma-2)\ldots\overline{2\sigma-2p-2}}(1-\alpha^2)^p.$$

Pour $\sigma = 1$, $\sum_{p=0}^{p=\sigma-2}$ est identiquement nul. Pour $\sigma = 0$, on a

$$M_1 = \frac{4\pi}{1-\alpha^2}.$$

$J_{2\sigma+1}$ peut se mettre sous la forme

$$\mathrm{E}^{-i\pi\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)} J_{2\sigma+1} = (2\sigma+1)\int_\gamma du \int_\Delta (u^2+t^2-1)^{\sigma-\frac{1}{2}} \frac{\cos 2nt}{t^2}\,dt$$
$$+ (2\sigma+1)\alpha \int_\gamma \frac{du}{u-\alpha}\int_\Delta (u^2+t^2-1)^{\sigma-\frac{1}{2}}\frac{\cos 2nt}{t^2}\,dt \qquad (\sigma \geqq 1)$$

et

$$J_1 = \frac{4\pi}{\alpha^2-1} - i\int_\gamma du \int_\Delta (u^2+t^2-1)^{-\frac{1}{2}}\frac{\cos 2nt}{t^2}\,dt$$
$$- i\int_{\gamma_1}\frac{du}{u-\alpha}\int_\Delta (u^2+t^2-1)^{-\frac{1}{2}}\frac{\cos 2nt}{t^2}\,dt \qquad (\sigma = 0).$$

Le contour d'intégration Δ est une circonférence concentrique à l'origine, de rayon $|t| > \sqrt{2}$. On démontre ensuite que l'on a

$$\mathrm{E}^{-i\pi\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)} J_{2\sigma+1} = \int_\Delta \mathrm{E}^{i2nt}\,\Phi_{2\sigma+1}(t)\,dt + \int_\Delta \mathrm{E}^{-i2nt}\,\Phi_{2\sigma+1}(t)\,dt \qquad (\sigma \geqq 1),$$
$$J_1 = \frac{4\pi}{\alpha^2-1} - i\int_\Delta \mathrm{E}^{i2nt}\,\Phi_1(t)\,dt - i\int_\Delta \mathrm{E}^{-i2nt}\,\Phi_1(t)\,dt \qquad (\sigma = 0),$$

en posant, pour $\sigma \geqq 1$,

$$\Phi_{2\sigma+1}(t) = \frac{2\sigma+1}{2}\,\frac{\alpha}{t^2}(t^2+\alpha^2-1)^{\sigma-\frac{1}{2}}\left[-i\pi + \mathrm{L}\frac{-\alpha t + \sqrt{t^2+\alpha^2-1}}{\alpha t + \sqrt{t^2+\alpha^2-1}}\right]$$
$$+ \frac{2\sigma+1}{2}\,\frac{1}{t^2}\left[\mathrm{L}\frac{t+1}{t-1}\right]$$
$$\times\left[\frac{1.3\ldots\overline{2\sigma-1}}{2.4\ldots 2\sigma}(t^2-1)^\sigma + \alpha^2\sum_{p=0}^{p=\sigma-1}\frac{1.3\ldots\overline{2\sigma-2p-1}}{2.4\ldots\overline{2\sigma-2p}}\,\frac{2\sigma-2p}{2\sigma-2p-1}(t^2-1)^{\sigma-p-1}(t^2+\alpha^2-1)^p\right]$$
$$+ (-1)^{\sigma-1}\frac{2\sigma+1}{t}\left[\frac{1.3\ldots\overline{2\sigma-1}}{2.4\ldots 2\sigma} - \alpha^2\sum_{p=0}^{p=\sigma-2}\frac{1.3\ldots\overline{2\sigma-2p-3}}{2.4\ldots\overline{2\sigma-2p-2}}(1-\alpha^2)^p\right]$$

+ polynome entier ne contenant que des puissances impaires de t,

à condition de remplacer par zéro $\sum\limits_{p=0}^{p=\sigma-2}$, pour $\sigma = 1$. Pour $\sigma = 0$, on a

$$\Phi_1(t) = \frac{\alpha}{2t^2}\frac{1}{\sqrt{t^2+\alpha^2-1}}\left[-i\pi + \mathrm{L}\frac{-\alpha t+\sqrt{t^2+\alpha^2-1}}{\alpha t+\sqrt{t^2+\alpha^2-1}}\right] + \frac{1}{2t^2}\mathrm{L}\frac{t+1}{t-1}.$$

L'évaluation de J est intimement liée à la connaissance de différentes formes de la fonction Φ, dans le voisinage des cinq points singuliers $t = \pm 1$, $t = \pm\sqrt{1-\alpha^2}$, $t = 0$. On y parvient, après une discussion longue et délicate, en raison des changements de détermination de Φ, bien définie, sur la partie positive de l'axe des abscisses, pour $t > 1$, par les conditions que $\sqrt{t^2+\alpha^2-1}$ et le logarithme ont alors leur sens arithmétique. Posant $q = 2n\sqrt{1-\alpha^2}$, on obtient l'expression suivante, en faisant intervenir mes recherches sur l'approximation des fonctions de grands nombres (¹):

$$\begin{aligned}
&\text{Partie réelle de } J_{2\sigma+1}\\
&= 16\mu\pi(2\sigma+1)\frac{\alpha^{2\sigma-2}}{(2n-k)^2}\left[1+\frac{1}{2n-k}\right]\\
&\quad -(2\sigma+1)4\pi^2 n\left[\frac{1.3\ldots\overline{2\sigma+1}}{2.4\ldots\overline{2\sigma+2}}\,\frac{2\sigma+2}{2\sigma+1} - \alpha^2\sum_{p=0}^{p=\sigma-1}\frac{1.3\ldots\overline{2\sigma-2p-1}}{2.4\ldots\overline{2\sigma-2p}}\,\frac{2\sigma-2p}{2\sigma-2p-1}(1-\alpha^2)^p\right]\\
&\quad +(-1)^{\sigma-1}4\pi(2\sigma+1)\alpha(1-\alpha^2)^{\sigma-1}\\
&\quad \times\left[\sum_{r=0}^{r=p}\mathrm{B}_r^{\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)}\frac{\cos\left(\overline{\sigma+r+\frac{1}{2}}\,\frac{\pi}{2}+q\right)}{q^{r+\sigma+\frac{1}{2}}}\Gamma\left(r+\sigma+\frac{1}{2}\right)+\mu\rho_p^{\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)}\frac{\Gamma\left(\sigma+p+\frac{3}{2}\right)}{q^{\sigma+p+\frac{3}{2}}}\right].
\end{aligned}$$

Dans cette formule, valable pour $\sigma \geqq 1$, μ représente une indéterminée comprise entre -1 et $+1$, k le rapport $\frac{2\sigma-1}{\alpha^2}$, $\rho_p^{\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)}$ est égal à la somme des valeurs absolues de $\mathrm{B}_{p+1}^{\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)}$ et du coefficient de x^{p+2} dans le développement de $(x+1)^{\sigma-\frac{1}{2}}$. Enfin les coefficients B sont définis de la façon suivante. On a

$$\mathrm{B}_0^{\left(\frac{1}{2}\right)} = \sqrt{2}, \qquad \mathrm{B}_1^{\left(\frac{1}{2}\right)} = -\frac{7\sqrt{2}}{4}, \qquad \mathrm{B}_0^{\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)} = 2^{\sigma-\frac{1}{2}}, \qquad \mathrm{B}_s^{\left(\sigma+\frac{3}{2}\right)} = 2\mathrm{B}_s^{\left(\sigma+\frac{1}{2}\right)} + \mathrm{B}_{s-1}^{\left(\sigma+\frac{1}{2}\right)},$$

$$2(s+1)\mathrm{B}_{s+1}^{\left(\sigma+\frac{1}{2}\right)} = \left(\sigma-3s-\frac{7}{2}\right)\mathrm{B}_s^{\left(\sigma+\frac{1}{2}\right)} + \left(\sigma-s-\frac{1}{2}\right)\mathrm{B}_{s-1}^{\left(\sigma+\frac{1}{2}\right)},$$

(¹) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 57, 1922, p. 1 à 42.

L'expression de $J_{2\sigma+1}$ peut être appliquée, pour $\sigma = 0$, à condition de remplacer par zéro la somme $\sum_{p=0}^{p=\sigma-1}$ et le terme en $16\mu\pi$ par $\frac{\mu\pi}{n^2\alpha^2}\left(1+\frac{1}{2n}\right)$.

HYDRAULIQUE. — *Danger pouvant résulter de la cavitation dans le cas de l'arrêt brusque des pompes alimentant une conduite de refoulement.* Note [1] de M. DE SPARRE.

Je désigne par v la vitesse de l'eau comptée positivement dans le sens du refoulement, par y la pression à la partie inférieure de la conduite [2], par v_0 et y_0 les valeurs initiales de ces quantités, par a la vitesse de propagation de l'onde, par θ la durée d'une oscillation de l'eau, égale à $\frac{2l}{a}$, l étant la longueur de la conduite.

On alors ainsi qu'on le sait [3], $F(t)$ étant une fonction du temps,

$$v = v_0 + \frac{g}{a}[F(t) + F(t-\theta)], \tag{1}$$

$$y = y_0 + F(t) - F(t-\theta). \tag{2}$$

On conclut de ces formules ce résultat connu que si $y_0 > \frac{av_0}{a}$ dans le cas d'un arrêt brusque total des pompes, il se produit d'abord un coup de bélier négatif égal à $-\frac{av_0}{g}$ et pendant la période suivante un coup de bélier égal à $\frac{av_0}{g}$.

Si au lieu de cela $\frac{av_0}{g} > y_0$ les choses se passent tout différemment. En effet, la pression ne pouvant devenir négative il se fera un vide à la partie inférieure, on aura $y = 0$ et v conservera une valeur positive. Les équations (2) et (1) donnent alors

$$F(t) = -y_0 + F(t-\theta), \tag{3}$$

$$v = v_0 + \frac{g}{a}[2F(t-\theta) - y_0). \tag{4}$$

---

[1] Séance du 28 novembre 1927.

[2] La pression atmosphérique comprise.

[3] Où $F(t) = 0$ pour $t < 0$

On en conclut pour la première période ([1])

$$F_1(t) = -y_0, \qquad v_1 = v_0 - \frac{gy_0}{a}.$$

Puis ensuite, de proche en proche pour la période de rang n,

$$(5) \qquad F_n(t) = -ny_0, \qquad v_n = v_0 - (2n-1)\frac{gy_0}{a};$$

désignons alors par x_n le chemin parcouru par la tranche situé à l'origine de la conduite, du côté du refoulement, pendant la $n^{\text{ième}}$ période et par ζ_n la distance de cette tranche de l'origine de la conduite à la fin de la $n^{\text{ième}}$ période. La durée de la $n^{\text{ième}}$ période, égale au temps aller et retour de l'onde, sera

$$\frac{l-\zeta_{n-1}}{a} + \frac{l-\zeta_n}{a} = \frac{2l}{a} - \frac{\zeta_{n-1}+\zeta_n}{a},$$

et la vitesse de cette tranche ayant la valeur v_n donnée par la formule (5), on aura

$$x_n = \left[v_0 - (2n-1)\frac{gy_0}{a}\right]\frac{2l-\zeta_{n-1}-\zeta_n}{a},$$

mais $\zeta_{n-1}+\zeta_n$ est toujours très petit par rapport à $2l$ ([2]), on pourra par suite prendre avec une approximation très suffisante

$$(6) \qquad x_n = \theta\left[v_0 - (2n-1)\frac{gy_0}{a}\right].$$

On a d'ailleurs

$$\zeta_n = x_1 + x_2 + \ldots + x_n$$

ou, en tenant compte de la relation (6),

$$(7) \qquad \zeta_n = n\theta\left(v_0 - \frac{ngy_0}{a}\right),$$

la première tranche viendra par suite frapper l'origine de la conduite pendant la période correspondant à une valeur n' de n telle que l'on ait

$$v_0 - (n'-1)\frac{gy_0}{a} > 0, \qquad v_0 - \frac{n'gy_0}{a} < 0,$$

([1]) Puisque pour $t < \theta$ on a $F(t-\theta) = 0$.

([2]) Le vide qui se produit à l'origine, dans le cas actuel, n'est jamais qu'une très faible partie de la conduite.

c'est-à-dire pour une valeur n' de n telle que l'on ait

$$(8) \qquad v_0 = (n' - \varepsilon)\frac{gy_0}{a} \qquad \text{avec } 0 \leqq \varepsilon \leqq 1$$

On voit d'ailleurs facilement que le fait se produit pour une valeur de t telle que l'on ait

$$(9) \qquad t = (n' - \eta)\theta,$$

avec

$$(10) \qquad \eta = \frac{n'\varepsilon}{n' + 1 - \varepsilon} < 1;$$

à partir de l'instant où ζ est nul on a $v = 0$ et par suite en vertu des formules (1) et (2)

$$(11) \qquad F(t) = -\frac{av_0}{g} - F(t - \theta),$$

et, comme en vertu des formules (5), dans le cas actuel,

$$F(t - \theta) = -(n' - 1)y_0.$$

La formule (2) nous donnera pour le coup de bélier pendant la fin de la $n'^{\text{ième}}$ période [1]

$$\xi_{n'} = y - y_0 = 2(n' - 1)y_0 - \frac{av_0}{g}$$

ou, en tenant compte de (8),

$$\xi_{n'} = \frac{av_0}{g} - 2(1 - \varepsilon)y_0.$$

Pendant la première partie de la $(n' + 1)^{\text{ième}}$ période pour

$$n'\theta \leqq t \leqq (n' + 1 - \eta)\theta,$$

qui correspond à la fraction de la période précédente pendant laquelle la première tranche était encore en mouvement, et pour laquelle on a par suite

$$F(t - \theta) = -n'y_0,$$

nous aurons, en vertu des formules (2) et (11) pour le coup de bélier,

$$\xi'_{n'+1} = -\frac{av_0}{g} + 2n'y_0;$$

---

(1) Donc pour des valeurs de t telles que $(n' - \eta)\theta \leqq t \leqq n'\theta$.

donc, en vertu de (8),

$$\xi'_{n'+1} = \frac{a v_0}{g} + 2 \varepsilon y_0.$$

Supposons par exemple que l'on ait, en colonne d'eau,

$$y = 120, \qquad v_0 = 1,5, \qquad a = 100 g,$$

d'où l'on déduit de la formule (8)

$$n' = 2, \qquad \varepsilon = 0,75.$$

On aura pour le coup de bélier, au début de la troisième période,

$$\xi'_3 = 150 + 180 = 330^{\text{m}}.$$

Le coup de bélier se trouve donc augmenté de 120 pour 100 par suite du phénomène de marteau d'eau résultant de la cavitation.

CAPILLARITÉ. — *Sur les formes que prend la myéline au contact de l'eau.* Note [1] de M. G. **Friedel**.

J'ai montré [2] que les propriétés de la myéline sont simplement celles d'un corps smectique à la température ordinaire, capable, comme les savons, d'absorber de l'eau jusqu'à une certaine limite sans perdre cet état smectique, et devenant amorphe au delà de cette limite; que les boudins myéliniques ne constituent que des formations temporaires, qui ne peuvent se montrer qu'au contact entre les deux phases smectique et amorphe et n'existent que tant que l'excès d'eau ajouté ne s'est pas encore diffusé également dans la masse entière; que par suite l'analogie classique entre ces formations cylindriques et la gaine de myéline des nerfs doit être envisagée avec beaucoup de scepticisme, et qu'enfin les formations décrites par M. Nageotte [3] comme étant des sphères creuses emboîtées sont en réalité des gouttes à gradins plates, du type bien connu dans les corps smectiques, étalées sur le verre porte-objet.

M. Nageotte revient [4] sur ce sujet et maintient ses interprétations. Il

---

(1) Séance du 28 novembre 1927.
(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 330.
(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 44.
(4) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1021.

conserve toute sa confiance au système d'illusions d'optique que procure l'examen d'objets en relief par la variation de la mise au point sous le microscope, et repousse tout autre moyen de connaissance que le raisonnement élémentaire appliqué à d'imaginaires coupes optiques qui sont en réalité des déformations de l'objet très complexes. Il ne tient aussi aucun compte de ce qui est connu par ailleurs sur les corps smectiques.

En ce qui concerne les prétendues lames sphériques, remarquons d'abord combien il est invraisemblable qu'une sphère creuse réfringente ne se manifeste pas autrement, sous le microscope, que sous la forme d'une ligne circulaire très fine et se mettant parfaitement au point. Il l'est bien davantage encore que de 21 sphères creuses emboîtées, si minces qu'elles soient (et de leur épaisseur, déclarée invariable, M. Nageotte ne sait rien), la plus intérieure se montre comme une ligne exactement aussi nette que la plus extérieure, sans qu'apparaisse la moindre trace d'un effet de réfraction. A voir les photographies de la première Note de M. Nageotte, on ne peut douter que l'interprétation soit erronée, et l'identité avec les gouttes à gradins des corps smectiques est telle que tous ceux qui les connaissent n'hésitent pas à les reconnaître. Mais j'ai donné la preuve absolue, en examinant ces prétendues sphères sous le microscope à platine basculante, qu'il y a là non des sphères mais des gouttes à gradins.

M. Nageotte écarte l'emploi d'un tel instrument, inconnu en histologie et forcément limité aux faibles grossissements. Il s'agit d'objets tellement minimes, tellement délicats et difficiles à observer que toutes les ressources des objectifs les plus spéciaux sont indispensables. Je m'étais, je l'avoue, laissé impressionner et j'avais admis, dans ma première Note, pour évident que les gouttes à gradins plates, assez grosses, atteignant quelques dixièmes de millimètre de diamètre maximum, que j'avais obtenues, étaient d'un diamètre beaucoup plus grand que les prétendues sphères de M. Nageotte. C'était une erreur, et je faisais la part trop belle à mon contradicteur. En fait, nous observons, lui et moi, exactement les mêmes formations, sensiblement des mêmes dimensions. Car j'avais omis de remarquer que les photographies de M. Nageotte portent leur échelle, d'où il résulte que le diamètre de la plus extérieure des 21 sphères de la photographie n° II est de l'ordre de $0^{mm},15$. Il s'agit donc d'objets fort gros, parfaitement visibles aux plus modestes grossissements, parfaitement visibles même *à la loupe*, sinon avec tous les détails que l'on peut apercevoir aux grossissements plus forts, du moins bien assez pour constater sans hésitation possible qu'il ne s'agit pas du tout de sphères, mais bien de gouttes plates adhérentes au verre. La

loupe, comme le microscope basculant, est-elle proscrite en histologie ? En tout cas, tous ceux qui voudront prendre la peine de regarder à la loupe une des formations semblables à celles des photographies publiées par M. Nageotte constateront aisément ce que j'avance.

Si d'autre part on lit dans la dernière Note de M. Nageotte ce qu'il dit des *grosses formations banales* (?) observées par M. Friedel et « qui peuvent *simuler très grossièrement, à une échelle très différente*, les figures » qu'il a données, on ne peut qu'être surpris. Car si l'échelle de la photographie publiée a pu m'échapper, M. Nageotte assurément la connaît, et sait donc bien que ces « sphères », loin d'être minuscules et difficilement observables, loin d'exiger pour être vues des microscopes extraordinaires, ont des diamètres se comptant par plusieurs dixièmes de millimètres et sont donc très bien visibles à la loupe, presque à l'œil nu, en sorte que rien n'est plus facile que de s'assurer de leur véritable nature. En fait, tant comme dimensions que comme détails, ce que j'ai vu ne diffère pas de ce que décrit M. Nageotte; ce sont des gouttes à gradins incontestables, et, je le répète, visibles à la loupe.

Quant à l' « évidente analogie » entre la gaine de myéline des nerfs et les « formations artificielles », M. Nageotte pense la sauver en rappelant que c'est une notion banale. Banale ou non, elle est suspecte, et très probablement trompeuse. Aucune raison n'est d'ailleurs donnée pour écarter l'interprétation simple, et évidente, que j'ai donnée des boudins d'hydratation assimilés par M. Nageotte à la forme tubulaire de la gaine des nerfs. Je dois dire à ce sujet que je ne prétends pas pénétrer dans le domaine de l'histologie, qui m'est étranger, mais simplement attirer l'attention des histologistes sur les conditions très particulières que suppose l'existence de ces formations cylindriques temporaires; il y a là une question qui est du domaine de la simple observation physique.

Cela dit, je ne croirai pas utile de continuer une telle discussion, les faits parlant suffisamment d'eux-mêmes.

THERMODYNAMIQUE. — *Le diamètre rectiligne de l'éthylène.* Note (¹) de MM. E. **Mathias**, C.-A. **Crommelin** et H. **Garfit Watts**.

1. L'étude de la courbe des densités et du diamètre de l'éthylène est intéressante parce que les résultats obtenus jusqu'ici n'avaient qu'un caractère préliminaire (²) et parce que cette substance est employée quelquefois dans l'industrie frigorifique.

Cette étude fait suite à une série de travaux sur les diamètres de l'oxygène, de l'argon, de l'azote, de l'hydrogène, du néon et de l'hélium, dont nous avons successivement entretenu l'Académie et qui ont été exécutés au Laboratoire cryogène de Leyde, comme les recherches actuelles.

2. Nos appareils étaient à peu près les mêmes que dans les recherches antérieures, auxquelles nous renvoyons pour les questions de détail. Nous avons employé comme liquide dans le cryostat : 1° le chlorure d'éthyle, pour les températures supérieures à $-24°$C.; 2° le chlorure de méthyle, pour les températures comprises entre $-24°$C. et $-103°$C.; 3° l'éthylène liquide, pour les températures inférieures à $-103°$C.

Les températures supérieures au point de congélation du mercure ont été mesurées à l'aide d'un thermomètre à mercure vérifié par la Physikalisch-Technische Reichanstalt, de Charlottenburg. Les températures plus basses ont été mesurées à l'aide d'un thermomètre à résistance de platine, comparé directement au thermomètre à hélium.

L'éthylène expérimenté a été préparé par l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool éthylique, puis purifié avec le plus grand soin au moyen d'une distillation à basse température, répétée plusieurs fois.

Nous avons admis pour poids d'un litre d'éthylène, dans les conditions normales, le nombre de M. Stahrfoss $= 1^g,2609$ (³).

3. Nous avons réuni, dans le tableau suivant, les nombres trouvés pour les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à la même température centigrade θ et pour l'ordonnée y du diamètre, observée et calculée.

(¹) Séance du 28 novembre 1927.

(²) L. Cailletet et Mathias, *Comptes rendus*, 102, 1886, p. 1202, et *Journ. de Phys.*, 2e série, 5, 1886, p. 549.

(³) *Arch. Sc. phys.*, 28, 1908, p. 304.

θ en degrés C.	δ (obs.).	δ' (obs.).	y (obs.).	y (calc.).	y (obs.) — y (calc.). Diff. abs.	En %.
+ 7,98	0,28726	0,15268	0,21997	0,21690	+0,00307	+1,40
+ 6,50	0,30342	0,13716	0,22029	0,21780	+0,00249	+1,30
+ 5,84	0,30840	0,13266	0,22053	0,21821	+0,00232	+1,05
— 7,70	0,37721	0,076050	0,22663	0,22650	+0,00013	+0,06
— 10,93	0,38818	0,067215	0,22770	0,22848	—0,00078	—0,34
— 14,18	0,39855	0,059942	0,22925	0,23048	—0,00123	—0,54
— 19,205	0,41313	0,051138	0,23213	0,23355	—0,00142	—0,61
— 24,33	0,42655	0,041854	0,23420	0,23670	—0,00250	—1,07
— 37,13	0,45610	0,029465	0,24278	0,24454	—0,00176	—0,72
— 48,15	0,47822	0,020407	0,24931	0,25129	—0,00198	—0,79
— 63,41	0,50588	0,012524	0,25923	0,26064	—0,00141	—0,54
—103,01	0,56740	0,002193(¹)	0,28480	0,28491	—0,00011	—0,04
—114,69	0,58380	0,001113(¹)	0,29246	0,29206	+0,00040	+0,14
—129,90	0,60449	0,000376(¹)	0,30243	0,30138	+0,00105	+0,35
—145,07	0,62465	0,000094(¹)	0,31237	0,31068	+0,00169	+0,56

Les valeurs calculées de l'ordonnée du diamètre, déduites des valeurs observées par la méthode des moindres carrés, sont données par la formule

$$y = 0,22179 - 0,00061277\,\theta.$$

Le coefficient angulaire du diamètre est donc

$$\alpha = -0,00061277,$$

valeur très voisine de celle du diamètre du méthane.

A la température critique $+9°,50$ (²), le diamètre rectiligne donne pour la densité critique : $\Delta = 0,21597$. Le coefficient critique est

$$R\frac{\Theta\Delta}{\pi} = 3,524$$

(Θ = température critique absolue, π = pression critique, R = constante des gaz).

4. Les déviations du diamètre ne sont pas aussi petites que pour l'hydrogène et le néon, car elles dépassent quelquefois 1 pour 100. Cependant on peut dire que l'éthylène obéit sensiblement à la loi du diamètre rectiligne.

Les déviations ont le caractère absolument systématique que nous avons déjà rencontré dans d'autres substances, par exemple l'argon et l'acide car-

(¹) Nombres calculés à l'aide de l'équation d'état réduite de l'éthylène.
(²) Cardoso et Arni, *Journ. de Chim. phys.*, 10, 1912, p. 504.

bonique; c'est-à-dire que le diamètre est légèrement concave vers l'axe des températures au voisinage du point critique et légèrement convexe, au contraire, aux températures les plus basses.

Ces expériences ont été faites à l'aide de la subvention accordée par la Caisse des Recherches scientifiques, au Comité de laquelle nous exprimons notre vive gratitude.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les mitoses d'activation simple dans les croisements chez les Batraciens.* Note (¹) de M. E. **Bataillon**.

Dans un travail analytique sur la fécondation chez les Batraciens, j'étudierai cytologiquement le matériel hybride tiré de quelques croisements sur les œufs d'*Hyla arborea : Hyla* ♀ × *Bufo vulgaris* ♂, *Hyla* ♀ × *Rana fusca* ♂, *Hyla* ♀ × *Molge Alpestris* ♂. Toutes les fécondations ont été faites avec des spermes légèrement bromurés (NaBr 3 pour 1000).

La première de ces combinaisons aboutit : soit à une amphimixie qui est abortive, mais qui se complique dans certains cas d'une élimination partielle de la chromatine mâle (cas décrit par Baltzer dans ses croisements entre oursins); soit à une élimination totale (type de Kupelwieser), qui mène à de *faux hybrides*, à des larves haploïdes du type maternel, incapables de métamorphose.

Si le dernier processus *isole la régulation de l'amphimixie*, il y a des cas *sporadiques* d'activation par simple contact du sperme; et on les trouve aussi bien dans la deuxième combinaison. Les mitoses sont *toujours* du même type que celles qui caractérisent l'activation parthénogénésique : *c'est le monaster.*

Mais le résultat est bien plus frappant dans la troisième combinaison : *Hyla* ♀ × *Molge Alpestris* ♂. Ici, les spermies *pénètrent en masse*, elles criblent l'œuf et le bouleversent à tel point qu'au bout de 3 heures il est en pleine altération, sans avoir montré trace de clivage. Ma description s'applique à *tous les œufs* dont l'évolution abortive est d'une uniformité absolue. Le plasma est sillonné en tous sens par des trajets spermatiques déblayés de vitellus. Les têtes falciformes restent compactes; il n'y a pas de spermaster. Tout au plus peut-on voir, après 2 heures ou 2 heures et demie, *vers l'extrémité* de quelques flagelles, et tout à la périphérie, des

(¹) Séance du 28 novembre 1927.

figures irradiantes, orientées en éventail vers le dehors sur une sorte de coupe granuleuse.

Elles rappellent certains aspects décrits jadis par Carnoy et Lebrun à la fonte de la vésicule germinative. La deuxième division polaire s'est achevée et le pronucléus femelle a effectué sa descente. Au milieu de cette masse chaotique, il perd sa membrane et épanouit encore *une mitose monocentrique*. Cette mitose ayant achevé son cycle, une deuxième lui succède : il est douteux que le rythme se prolonge davantage.

J'ai décrit en 1912 une autre forme cinétique d'activation dans le croisement *Bufo calamita* ♀ × *Molge Alpestris* ♂ : le fuseau tronqué sans radiation, la mitose bipolaire anastrale, qui pouvait apparaître comme un cas spécial. Cette mitose nous allons la retrouver sur les œufs d'Urodèles.

Il s'agit encore de croisements : *Molge palmata* ♀ × *M. Marmorata* ♂, *M. palmata* ♀ × *M. Alpestris* ♂. La fécondation régulière avec amphimixie est le cas normal. Mais, de loin en loin, *une réaction plus ou moins brusquée isole l'activation. La condition de la spermie est du reste essentiellement variable.*

Il arrive qu'elle ne pénètre pas. L'œuf, activé par simple contact, a son pronucléus encore inerte, quand ses voisins ont leur prophase orientée (5^h45 à 18°). Un peu plus tard (6^h15^m) sur un autre œuf, le pronucleus s'est transformé en un *fuseau sans aster*, sur lequel on peut compter douze chromosomes (le nombre haploïde).

Mais le spermatozoïde *unique* peut s'engager *au pôle vitellin*. Au bout de 5 heures, quand le couple amphimixique est constitué partout ailleurs, le noyau mâle très marginal, dilaté à sa base, a encore sa pointe compacte; il est accompagné d'un aster réduit, incapable d'exercer une action quelconque sur le pronucléus femelle qui descend du pôle opposé.

Même en position plus marginale, vers la limite de l'hémisphère plasmatique, un noyau mâle avec son spermaster minuscule ne trouble en rien *la mitose bipolaire anastrale* qui s'est édifiée.

Et voici un dernier cas. La deuxième mitose embryonnaire est engagée sur les œufs normaux. Ici l'élément mâle est représenté par une *vésicule marginale piriforme* dont la pointe tournée vers l'extérieur se prolonge à travers la membrane par une travée chromatique discontinue. Certainement la vésicule ne correspond pas à la totalité de la tête qui paraît étranglée. Au centre de l'hémisphère supérieur occupé par un large aster régressé, le deuxième cycle de la mitose monocentrique fait apparition : *le pronucléus femelle nous ramène en ce cas au monaster.*

En résumé, les formes mitosiques de l'activation simple émergent de ces croisements dans les conditions les plus variées.

Tantôt les spermies ne pénètrent pas; tantôt une tète unique ne s'engage que partiellement; tantôt un seul élément mâle est immobilisé dans un vitellus grossier qui entrave au moins pour longtemps toute action régulatrice; tantôt enfin (*Hyla* ♀ × *M. Alp* ♂), les spermies criblent l'œuf sans édifier de spermaster.

En règle générale, et même dans le cas précédent qui représente un maximum d'activation, le pronucléus femelle se comporte comme après le premier traitement parthénogénésique : il tombe dans l'impasse des cycles monastériens.

Chez les Urodèles, il donne indifféremment le monaster ou la mitose bipolaire anastrale, sans qu'on puisse dire ce qui décide en faveur de l'un ou de l'autre.

ÉLECTIONS.

M. **Théodore William Richards** est élu Correspondant pour la Section de Chimie, par 40 suffrages contre 2 à M. *S. P. L. Sœrensen*, 1 à M. *Raffaele Nasini* et 1 à M. *Frédéric Swarts*.

Il y a 1 bulletin blanc.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Sur le théorème des déterminants de M. Hadamard.* Note de M. **Ragnar Frisch**, présentée par M. Hadamard.

On doit à M. Hadamard l'important théorème suivant : *La valeur absolue d'un déterminant à éléments réels est au plus égale au produit des normes* (soit horizontales, soit verticales). Les normes horizontales d'une matrice $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} \ldots a_{1n} \\ \cdots\cdots \\ a_{n1} \ldots a_{nn} \end{pmatrix}$ sont définies comme les quantités $+\sqrt{\Sigma_j a_{ij}^2} (i = 1, 2, \ldots, n)$, et une définition analogue s'applique aux normes verticales.

Dans un cas particulier assez important, l'évaluation fournie par le théorème de M. Hadamard peut être sensiblement précisée. Je vais démontrer

le théorème que voici : *La valeur absolue d'un déterminant symétrique, défini, à éléments réels, est au plus égale au produit des valeurs absolues des quantités qui se trouvent dans la diagonale principale.* Nous entendons par déterminant (ou matrice) symétrique défini un déterminant (ou matrice) symétrique telle que la forme quadratique correspondante soit définie.

On peut supposer que la matrice symétrique définie en question $\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{11} \dots s_{1n} \\ \dots\dots \\ s_{n1} \dots s_{nn} \end{pmatrix}$ est définie positive, sans quoi on considérerait $-\mathbf{S}$. Si le rang de $\mathbf{S}$ est inférieur à n, le théorème est banal. Soit donc $\mathbf{S}$ non singulière. Dans ce cas, le déterminant $S = |\mathbf{S}|$ ainsi que tous ses mineurs principaux sont positifs, non nuls. En particulier, tous les s_{ii} sont positifs.

$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} 1 \dots 0 \\ \dots\dots \\ 0 \dots 1 \end{pmatrix}$ désignant la matrice-unité, soit $F(\lambda) = |\mathbf{S} - \lambda\mathbf{E}|$ le polynome caractéristique de $\mathbf{S}$. Évidemment $F(0) = S \pm 0$. D'après un théorème bien connu, on a $F(\mathbf{S}) = 0$. Puisqu'un polynome quelconque $F(\lambda)$ dont le terme constant est ± 0, peut toujours être mis sous la forme $F = \frac{(G^2 - \lambda)}{H}$ où G et H sont des polynomes en λ, la formule $F(\mathbf{S}) = 0$ suffit comme on le sait à démontrer l'existence de racines carrées, c'est-à-dire l'existence de matrices $\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{11} \dots r_{1n} \\ \dots\dots \\ r_{n1} \dots r_{nn} \end{pmatrix}$ telles que $\mathbf{R}^2 = \mathbf{S}$. En effet la matrice $\mathbf{R} = G(\mathbf{S})$ jouit de cette propriété. L'essentiel dans notre cas, c'est qu'il existe même des matrices $\mathbf{R}$ à éléments réels, telles que $\mathbf{R}^2 = \mathbf{S}$.

En effet, si $\mathbf{S}$ est positive définie, toutes les racines de $\mathcal{F}(\lambda) = 0$ sont positives. Et dans ce cas il est toujours possible de s'arranger de façon que tous les coefficients de $G(\lambda)$ soient réels. On s'en rend compte en construisant effectivement $G(\lambda)$. Tous les éléments de $\mathbf{R} = G(\mathbf{S})$ sont donc réels. De plus $\mathbf{R}$, étant un polynome en une matrice symétrique, est elle-même symétrique, d'où $s_{ii} = \Sigma_j r_{ij}^2$.

Cela étant, j'applique le théorème de M. Hadamard au déterminant $R = |\mathbf{R}|$, ce qui donne $R^2 \geq s_{11} \dots s_{nn}$. Mais $R^2 = S$, donc $S \geq s_{11} \dots s_{nn}$.

Observation de M. HADAMARD *sur la Note précédente.*

L'intéressante proposition de M. Ragnar Frisch peut recevoir une autre démonstration, grâce à la condition (caractéristique, comme on sait, des

formes définies positives) que *les mineurs principaux de tous ordres du déterminant sont positifs*.

Ceci étant noté, la démonstration primitive du théorème, telle qu'elle a été donnée en 1893, s'applique sans modification à la nouvelle limitation actuellement en jeu.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une propriété de la méthode des moindres carrés.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Émile Borel.

Soit à faire passer au mieux à travers les m points

$$(x_1, y_1), \quad (x_2, y_2), \quad \ldots, \quad (x_i, y_i), \quad \ldots, \quad (x_m, y_m)$$

une courbe

$$Y = F(x, A_1, A_2, \ldots, A_j, \ldots, A_n), \tag{1}$$

à n paramètres, dont

$$a_1, \quad a_2, \quad \ldots, \quad a_j, \quad \ldots, \quad a_n$$

sont des valeurs approchées, déterminées par un premier tâtonnement, et que l'on se propose de remplacer par des valeurs corrigées donnant une approximation meilleure. En écrivant

$$A_j = a_j + \alpha_j,$$

la méthode des moindres carrés consiste à déterminer les petites corrections α_j par la condition que $\sum (Y_i - y_i)^2$ soit minimum. Posons

$$Y'_i = F(x_i, a_1, a_2, \ldots, a_j, \ldots, a_n),$$
$$Y_i - y_i = \varepsilon_i,$$
$$Y'_i - y_i = \varepsilon'_i,$$
$$\left(\frac{\partial Y}{\partial A_j}\right)_{x=x_i} = \varphi^i_j.$$

Les α_j étant petits, on peut écrire

$$\varepsilon_i = \varepsilon'_i + \sum_j \alpha_j \varphi^i_j$$

et la condition $\sum \varepsilon_i^2$ minimum s'exprime alors par n équations du type

$$\alpha_1 \sum_i \varphi^i_j \varphi^i_1 + \alpha_2 \sum_i \varphi^i_j \varphi^i_2 + \ldots + \alpha_j \sum_i (\varphi^i_j)^2 + \ldots + \alpha_n \sum_i \varphi^i_j \varphi_n + \sum_i \varepsilon'_i \varphi^i_j = 0 \tag{2}$$

Si la dérivée φ_j a la même valeur aux différents points, l'équation (2) s'écrit

$$(3) \qquad \alpha_1 \sum_i \varphi_2^i + \alpha_2 \sum_i \varphi_2^i + \ldots + \alpha_j \sum_i \varphi_j^i + \ldots + \alpha_n \sum_i \varphi_n^i + \sum_i \varepsilon_i = 0,$$

et l'on voit sous cette forme qu'elle exprime alors simplement que la somme algébrique $\sum \varepsilon_i$ des erreurs est nulle.

Or, si la condition $\sum \varepsilon_i^2$ minimum semble aux physiciens commode (car elle permet de déterminer, sans ambiguïté, des valeurs corrigées pour les paramètres, et ce, par des calculs relativement simples), mais un peu arbitraire, en revanche, ils cherchent à annuler $\sum \varepsilon_i$. Il est donc très intéressant que ceci puisse être une conséquence de cela.

Si l'une des dérivées φ est constante, c'est que le paramètre correspondant figure dans un terme qui ne contient pas x, ou, comme nous dirons dorénavant, que ce paramètre est additif; par suite, si la courbe (1) dépend d'un paramètre additif, la méthode des moindres carrés conduit à une erreur moyenne nulle.

En fait, il en est toujours ainsi, car il faut admettre qu'il existe toujours une petite incertitude α sur le zéro de l'appareil servant à mesurer Y, et, par suite, qu'aux erreurs dues à l'incertitude des paramètres A, s'ajoute une petite erreur α constante. Il revient au même de considérer que Y doit dépendre encore d'un paramètre additif dont la valeur approchée est nulle. Par conséquent, si l'on veut appliquer correctement la méthode des moindres carrés, il faut introduire un tel paramètre additif, ce qui fait que la courbe déterminée par cette méthode jouit de la propriété d'annuler l'erreur moyenne.

On peut en déduire une remarque intéressante. Si Y est la grandeur que l'on mesure, et si c'est une fonction $\Phi(Y)$ qui a une signification physique simple, ce sera cependant à Y qu'il faudra appliquer la méthode, car le paramètre supplémentaire, additif pour Y, ne le serait plus pour $\Phi(Y)$. Ceci corrobore cet argument de simple bon sens qu'il faut appliquer la méthode des moindres carrés à la grandeur même que l'on mesure.

Il faut remarquer d'ailleurs qu'une application rationnelle de la méthode des moindres carrés ne devrait pas faire jouer de rôle différent à x et à y, de sorte qu'il serait logique d'admettre dans le calcul de petites incertitudes sur les valeurs de x. On trouve alors que si le calcul est conduit de cette manière, le résultat indiqué ci-dessus subsiste entièrement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites de fonctions holomorphes.*
Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Soit $F_n(z)$ une suite de fonctions holomorphes dans un domaine D. Fixons un point z_0 à l'intérieur de D et appelons *noyau* de $\{F_n(z)\}$ l'ensemble de toutes les fonctions harmoniques qui dans D ne deviennent pas infinies et qui sont des limites de fonctions

$$\frac{\operatorname{Log}|F_n(z)|}{\operatorname{Log}|F_n(z_0)|} \qquad (n=1, 2, \ldots).$$

Si le noyau de $\{\Theta_n(z)\}$ contient toutes les fonctions du noyau de $\{F_n(z)\}$ et réciproquement, nous écrirons

$$N\{F_n(z)\} = N\{\Theta_n(z)\}.$$

Si une suite $F_n(z)$ tend uniformément vers l'infini dans D, les fonctions du noyau de $\{F_n(z)\}$ sont bornées dans leur ensemble dans tout D_1 qui est intérieur à D (1).

Soit $f_n(z)$ une suite de fonctions holomorphes et tendant uniformément vers l'infini dans D, *supposons que les fonctions $f'_n(z)$ ne s'annulent pas dans* D. *Supposons enfin que le noyau de $\{f_n(z)\}$ ne contient pas la fonction qui est la constante un, alors pour chaque l ($l=1, 2 \ldots$) on a*

$$\lim_{n=\infty} f_n^{(l)}(z) = \infty \qquad (l=1, 2 \ldots)$$

uniformément dans D *et*

$$N\{f_n(z)\} = N\{f'_n(z)\} = \ldots = N\{f_n^{(k)}(z)\} = \ldots.$$

On peut choisir $\mathfrak{I}\operatorname{Log} f_n(z)$ (2) de manière à ce qu'on ait

$$(1) \qquad 0 < \frac{1}{\alpha'} < \left|\frac{\operatorname{Log} f_n(z)}{\operatorname{Log}|f_n(z_0)|}\right| < M < +\infty$$

dans D_1 quel que soit n car, en posant

$$g_n(z) = \frac{\operatorname{Log} f_n(z)}{\operatorname{Log}|f_n(z_0)|},$$

on a

$$0 < \frac{1}{\alpha'} < \mathcal{R}\, g_n(z) < \alpha',$$

(1) Voir *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1098.

(2) $\mathcal{R}z$ désigne la partie réelle de z, $\mathfrak{I}z$ sa partie imaginaire.

dans D_2 contenant D_1 et contenu dans D', et la famille

$$g_n(z) - g_n(z_0)$$

est normale et bornée ([1]), et en posant

$$\text{Log} \mid f_n(z_0) \mid \leqq \mathcal{J} \text{Log} f_n(z_0) < \text{Log} \mid f_n(z_0) \mid + 2\pi,$$

on obtient immédiatement (1); la famille

(1 *bis*)
$$\left[\frac{\text{Log} f_n(z)}{\text{Log} \mid f_n(z_0) \mid}\right]' = \frac{f'_n(z)}{f_n(z) \text{Log} \mid f_n(z_0) \mid} = \varphi_n(z)$$

est donc normale et bornée également et, d'après les hypothèses, on voit qu'aucune fonction limite de cette famille ne s'annule dans D. On a donc dans D_1

(2)
$$0 < \alpha < \mid \varphi_n(z) \mid < \beta < +\infty.$$

Comme

$$f'_n(z) = \varphi_n(z) f_n(z) \text{Log} \mid f_n(z) \mid,$$

on a uniformément dans D

$$\lim f'_n(z) = \infty.$$

Il résulte de l'égalité

$$\log \mid f'_n(z) \mid = \log \mid \varphi_n(z) \mid + \log \mid f_n(z) \mid + \log_2 \mid f_n(z_0) \mid$$

que $\tau(x, y)$ étant une fonction quelconque appartenant soit au noyau de $\{f_n(z)\}$, soit au noyau de $\{f'_n(z)\}$, on peut déterminer une suite n_i telle qu'on ait

(3)
$$\lim_{i=\infty} \frac{\log \mid f'_{n_i}(z) \mid}{\log \mid f'_{n_i}(z_0) \mid} = \lim_{i=\infty} \frac{\log \mid f_{n_i}(z) \mid}{\log \mid f_{n_i}(z_0) \mid} = \tau(x, y).$$

Donc de toute suite partielle de $f_n(z)$ on peut extraire une suite f_{n_i} vérifiant (3) pour une certaine $\tau(x, y)$; d'où l'on voit en tenant compte de (1) et de la même formule en y remplaçant f_n par f'_n que *de toute suite partielle de $f_n(z)$ on peut extraire une suite f_{k_j} telle qu'on ait*

(4)
$$\lim_{j=\infty} \frac{\log f_{k_j}(z)}{\log \mid f_{k_j}(z_0) \mid} = Ci + \lim_{j=\infty} \frac{\log f'_{k_j}(z)}{\log \mid f'_{k_j}(z_0) \mid}$$

---

[1] Si $\beta < RT(z) < \gamma$ dans D, la famille $T(z) - T(z_0)$ est normale dans D; ceci résulte du théorème I *bis* de ma Note citée.

où C *est une constante réelle qui dépend de la suite* f_{k_j}. *D'où*

$$\lim_{j=\infty} \frac{f'_{k_j}(z)}{f_{k_j}(z)\log|f_{k_j}(z_0)|} = \lim_{j=\infty} \frac{f''_{k_j}(z)}{f'_{k_j}(z)\log|f'_{k_j}(z_0)|} = \lim_{j=\infty} \varphi_{n_j}(z).$$

Donc, d'après (2) et (1bis), on voit que pour j assez grand

$$0 < \alpha'' < \left|\frac{f''_{k_j}(z)}{f'_{k_j}(z)\operatorname{Log}|f'_{k_j}(z_0)|}\right| < \beta'' < +\infty \qquad (j = 1, 2, \ldots).$$

On a donc aussi $\lim f''_n(z) = \infty$, et le reste de notre théorème. Il résulte de (1) et (2) que dans D_1

$$(5) \qquad 0 < \alpha'' < [\operatorname{Log}_2 f_n(z)]'.$$

Réciproquement si $\lim f_n(z) = \infty$ *uniformément dans* D *et si* (5) *a lieu, le noyau de* $\{f_n(z)\}$ *ne contient pas la constante un.* On constate aussi de nos calculs que *si* $f_n(z) \to \infty$ *uniformément dans* D, *alors dans* D_1

$$[\operatorname{Log}_2 f_n(z)]' < L < +\infty.$$

On prend dans ce qui précède la même détermination pour $\operatorname{Log} f_n(z)$ qu'au début.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries* $\sum \frac{A_k}{z - \alpha_k}$.

Note de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit la série $\Sigma |A_k|$ convergente; $\alpha_k \neq 0$, $k = 1, 2, \ldots$. Soit Γ une courbe continue sans point double, ne passant pas par O, telle que O appartienne à son ensemble limite, et que chaque segment $\beta\gamma$ de Γ soit rectifiable.

Supposons que sur Γ la série $\sum \frac{A_k}{z - \alpha_k}$ converge vers une fonction $f(z)$ et qu'elle soit intégrable terme à terme sur chaque segment $\beta\gamma$. Soient ρ'' et $\rho' < \rho''$ deux nombres positifs, et $\beta\gamma$ un arc de Γ tel que $|\beta| = \rho'$, $|\gamma| = \rho''$ et que pour chaque point z de cet arc $|z|$ soit entre ρ' et ρ''.

Nous allons démontrer que *pour* $\rho'' \to 0$, *on a approximativement*

$$\frac{1}{\rho''} \int_\beta^\gamma z f(z)\, dz \to 0.$$

c'est-à-dire : à tout nombre positif ε il correspond un nombre δ, tel que, si $\rho'' < \delta$, la valeur absolue du premier membre est plus petite que ε, sauf peut-être si ρ' ou ρ'' appartiennent à un ensemble dont la mesure est au plus égale à $\varepsilon\delta$.

1. Posons $\sum\left|\frac{A_k}{z-\alpha_k}\right| = F(z)$ et $\sum\frac{A_k}{z-\alpha_k} = f(z)$, où cette série converge. Soit ε un nombre positif donné. Traçons un cercle C de rayon R, tel que $\sum_{|\alpha_k|<R} |A_k| < \varepsilon$. Soit $\rho < \frac{1}{2}R$. On a

$$\int\int_{|r|<\rho}\left\{\sum_{|\alpha_k|\geqq R}\left|\frac{A_k}{z-\alpha_k}\right|\right\}dx\,dy < \pi\rho^2\cdot\frac{2}{R}\sum_1^\infty |A_k|$$

et

$$\int\int_{|z|<\rho}\left\{\sum_{|\alpha_k|<R}\left|\frac{A_k}{z-\alpha_k}\right|\right\}dx\,dy < 4\pi\varepsilon\rho.$$

On en conclut

$$\frac{1}{\rho}\int\int_{|z|<\rho} F(z)\,dx\,dy \to 0, \quad \text{pour} \quad \rho\to 0.$$

2. Soit η un nombre positif arbitraire; choisissons ρ_0 tel que

$$\int\int_{|z|<\rho} F(z)\,dx\,dz < \eta^2\rho, \text{ pour } \rho<\rho_0.$$

En écrivant pour cela

$$\int_0^{2\pi} d\varphi\int_0^\rho F(z).r\,dr = \int_0^\rho dr\int_0^{2\pi} F(z).r\,d\varphi < \eta^2\rho,$$

nous concluons :

A. La mesure de l'ensemble des valeurs de φ, pour lesquelles

$$\int_0^\rho F(z).r\,dr > \eta\rho,$$

cette mesure $< \eta$.

B. La mesure de l'ensemble des valeurs de $r<\rho$, pour lesquelles $\int_0^{2\pi} F(z).r\,d\varphi > \eta$, cette mesure $< \eta\rho$.

Si $\int_0^\rho F(z).r\,d\varphi$ est finie, la série $\sum\left|\frac{A_k z}{z-\alpha_k}\right|$ converge sur une pleine épaisseur de segment o, $\rho e^{\varphi i}$, donc la série $\sum\frac{A_k z}{z-\alpha_k} = zf(z)$ aussi, et cette dernière série est intégrable terme à terme sur le segment, comme la première. De même : si $\int_0^{2\pi} F(z).r\,d\varphi$ est finie, la série $\sum\frac{A_k z}{z-\alpha_k}$ converge sur une pleine épaisseur de la circonférence $|z| = r$ et γ est intégrable

terme à terme. En remarquant encore que $|f(z)| \leqq F(z)$, il suit de A et B que pour $\rho < \rho_0$:

a. $\left| \frac{1}{\rho} \int_0^{\rho e^{i\varphi}} z f(z)\, dz \right| \leqq \eta$, l'intégrale étant prise le long du rayon, ou d'une partie de ce rayon, excepté éventuellement pour un ensemble $E(\varphi)$ de valeurs de φ, dont la mesure $< \eta$.

b. $\left| \frac{1}{r} \int_{|z| r < \rho} z f(z)\, dz \right| \leqq \eta$, l'intégrale étant prise le long de la circonférence $|z| = r$ ou d'une partie d'elle, excepté éventuellement pour un ensemble $E(r)$ de valeur de r, dont la mesure $< \eta\rho$.

3. Soit ω un contour continu fermé, rectifiable et tel que sur une épaisseur pleine de ω la série $\sum \frac{A_k z}{z - \alpha_k} = z f(z)$ converge et soit intégrable terme à terme. Alors

$$\int_\omega z f(z)\, dz = \sum_\omega A_k \alpha_k,$$

la somme $\sum\limits_\omega$ étant étendue sur les α_k dans ω.

4. Traçons par O une demi-droite d, dont l'argument est étranger à l'ensemble $E(\varphi)$ et soient ρ'' et $\rho' < \rho'' < \rho$ étrangers à $E(r)$. Soit $\beta\gamma$ l'arc correspondant de Γ, expliqué ci-dessus. Pour contour ω nous pouvons choisir (j'appelle P′ et P″ les points de d, où $|z| = \rho'$, resp. ρ'') : $\beta\gamma P' P'' \beta$. L'application du paragraphe 3, en combinant avec *a* et *b*, donne

$$\left| \frac{1}{\rho''} \int_\beta^\gamma z f(z)\, dz \right| \leqq \sum_\omega |A_k| + 3\eta,$$

$\sum\limits_\omega |A_k| \leqq \sum\limits_{|\alpha_k| < \rho''} |A_k|$ tendant vers zéro avec ρ'', la proposition est démontrée.

Les théorèmes de non-existence découverts par M. Denjoy (*Rendiconti Palermo*, 1926) en découlent immédiatement. Par exemple on ne peut pas avoir $f(z) = \frac{1}{z}$ sur Γ, puisque

$$\frac{1}{\gamma} \int_\beta^\gamma z f(z)\, dz = 1 - \frac{\beta}{\gamma}$$

ne tendrait pas approximativement vers zéro pour $\gamma \to 0$. L'hypothèse que, sur Γ, $f(z) = \frac{1}{z} +$ fonction holomorphe dans un cercle de centre O, conduirait à la même contradiction.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques théorèmes de M. R. Nevanlinna.* Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit $f(x)$ une fonction uniforme et méromorphe dans tout le plan. Désignons par $E(a)$ l'ensemble des racines de l'équation $f(x) = a$, chaque racine étant prise autant de fois que l'exige son ordre de multiplicité (a peut d'ailleurs être infini).

I. *a, b, c, d étant quatre nombres complexes distincts, il existe au plus une fonction $f(x)$ non constante pour laquelle* $E(a)$, $E(b)$, $E(c)$, $E(d)$ *coïncident respectivement avec quatre ensembles donnés*. Il y a un *cas d'exception*, où il existe *deux* fonctions distinctes $f(x)$ et $g(x)$; c'est le cas où a, b, c, d forment une *division harmonique*, soit $(a, b, c, d) = -1$, et où l'on a $(f, g, c, d) = -1$, ce qui exige que $f(x)$ et $g(x)$ admettent a et b comme *valeurs exceptionnelles*.

Ce théorème a été démontré par M. Nevanlinna [1]; on peut le compléter de la manière suivante : convenons de regarder comme identiques au sens large deux ensembles qui ne diffèrent que par un nombre fini de points.

I *bis*. *Il existe au plus une fonction $f(x)$ non rationnelle pour laquelle* $E(a)$, $E(b)$, $E(c)$, $E(d)$ *coïncident au sens large avec quatre ensembles donnés*. Le cas d'exception est toujours le même, et $f(x)$ et $g(x)$ admettent alors a et b comme valeurs exceptionnelles au sens large.

Nous allons maintenant ne faire intervenir que *trois* valeurs a, b, c.

II et II *bis*. *Il existe au plus* DEUX *fonctions $f(x)$ et $g(x)$ non constantes (ou non rationnelles) pour lesquelles* $E(a)$, $E(b)$, $E(c)$ *coïncident au sens strict (ou large) avec trois ensembles donnés*. Il n'y a aucun cas d'exception; un exemple du cas où il existe deux fonctions distinctes, n'ayant d'ailleurs aucune valeur exceptionnelle, est donné par

$$f(x) = \frac{1 - e^{5x}}{1 - e^{2x}}, \qquad g(x) = \frac{1 - e^{-5x}}{1 - e^{-2x}}$$

relativement aux valeurs $a = 0$, $b = 1$, $c = \infty$.

Certains cas particuliers du théorème II ont été démontrés par M. Nevanlinna.

[1] *Acta mathematica*, 48, 1926, p. 367-391; voir aussi *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 92.

2. Le principe de la démonstration de tous ces théorèmes repose sur la proposition suivante, conséquence immédiate d'un théorème de M. Borel [1] : l'identité

$$\sum_i R_i(x)e^{G_i(x)} = 0,$$

où les $R_i(x)$ désignent des fonctions rationnelles non identiquement nulles, et les $G_i(x)$ des fonctions entières, exige que tous les G_i ne diffèrent que par une constante, si toutefois l'identité ne se décompose pas en plusieurs identités partielles. Dans le cas des théorèmes I et I *bis*, l'existence de deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$ satisfaisant aux conditions de l'énoncé conduit à une identité de cette forme; de même, pour les théorèmes II et II *bis*, l'existence de trois fonctions $f(x)$, $g(x)$, $h(x)$. Dans tous les cas la considération de cette identité permet de conclure.

3. *Quelques remarques.* — Il n'existe pas en général de fonction $f(x)$ pour laquelle $E(a)$, $E(b)$, $E(c)$ coïncident au sens strict avec trois ensembles donnés. Cela résulte du théorème II *bis*; car s'il existe une telle fonction pour trois ensembles particuliers, il suffit de changer un nombre fini de points de ces ensembles pour qu'il n'en existe plus.

Les théorèmes I et II sont susceptibles de généralisations parallèles à celles du théorème de M. Borel. Par exemple deux ensembles d'ordre fini μ pourront être regardés comme identiques, en un sens très large, s'ils ne diffèrent que par un ensemble d'ordre inférieur à μ (il s'agit de l'*ordre* de la suite des points de l'ensemble rangés par ordre de modules croissants). De même pour deux ensembles d'ordre infini qui ne diffèrent que par un ensemble d'ordre fini.

Les théorèmes I *bis* et II *bis*, et leurs généralisations, s'appliquent également aux fonctions uniformes et méromorphes au voisinage d'un point singulier essentiel isolé, en vertu d'un théorème général [2].

J'ajouterai, en terminant, que le théorème II, par exemple, peut être complété par des théorèmes analogues à ceux de Schottky et de M. Landau relativement au théorème de M. Picard. Il est également la source d'un critère de familles complexes normales, qui permettra de préciser sa portée en ce qui concerne les fonctions méromorphes.

---

[1] E. Borel, *Sur les zéros des fonctions entières* (*Acta mathematica*, 20, 1897, p. 357-396.

[2] Voir, par exemple, André Bloch, *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XX, p. 17.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un manographe strobométrique à condensateur électrique déformable.* Note de MM. **J. Villey** et **Et. Hochard**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'un de nous a montré ([1]) que le principe de la mesure par un condensateur déformable, déjà appliqué dans des dynamomètres à très faible déformation ([2]), pouvait être pratiquement adapté à des mesures strobométriques de variations périodiques, et conduire ainsi à la réalisation d'un nouveau système de manographe pour moteurs à cycles rapides.

Nous avons entrepris la réalisation effective et l'expérimentation d'un appareil de ce type, qui a très bien répondu aux prévisions, et qui a été utilisé pratiquement pour l'étude du cycle d'un compresseur d'air.

L'appareil est essentiellement un manomètre à membrane métallique élastique, seule disposition comportant une inertie mécanique assez faible et permettant une communication assez immédiate avec le cylindre, pour suivre sans déformation appréciable les cycles de moteurs rapides. Cette membrane est montée en manomètre différentiel, et peut recevoir sur une de ses faces la pression cyclique à étudier et sur l'autre une pression permanente, pour éliminer, par une méthode de zéro, les erreurs dues, dans les mesures directes, aux variations accidentelles (en particulier thermiques) de l'élasticité de la membrane.

Tout le problème revient alors à imaginer un « œil » capable de « voir » stroboscopiquement la membrane à l'intérieur de la double boîte étanche que constituent les deux chambres manométriques, et capable d'évaluer avec une sensibilité suffisante les variations très petites de sa flèche.

La solution adoptée est celle déjà employée dans les dynamomètres : La membrane déformable constitue l'armature influençante d'un condensateur, dont l'armature influencée est reliée à l'une des paires de quadrants d'un électromètre ; on compare la capacité de ce condensateur à celle d'un condensateur fixe agissant de la même manière sur la seconde paire de quadrants. Mais, au lieu de laisser agir en permanence la tension électrique influençante, on l'établit périodiquement, par un interrupteur monté sur l'arbre du moteur, au même instant de chacune des périodes successives, pendant une fraction très petite de la période ($\frac{1}{50}$ dans nos expériences); l'électromètre ne connaît alors la membrane qu'à cet instant du cycle. La

([1]) *Journ. de Phys.*, 6e série, 8, 1927, p. 416-421.
([2]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 112

seule question qui se pose, c'est d'obtenir encore une sensibilité électrique suffisante malgré la réduction considérable de la durée d'intervention de la tension influençante; l'expérience a vérifié à ce sujet les prévisions affirmatives de l'étude susvisée.

Pour relever le cycle par la méthode de compensation, il suffit de donner à l'interrupteur d'excitation toute une série de calages angulaires successifs, et, pour chacun d'eux, de déterminer la pression constante P qui, appliquée sur la face arrière de la membrane, maintient l'électromètre au zéro : on sait alors que, *à l'instant du cycle défini par le calage de l'interrupteur*, la membrane passe par sa position normale non déformée, c'est-à-dire que la pression $\mathfrak{P}$ dans le cylindre passe à ce moment-là par la valeur P.

Nous avons pu facilement obtenir, avec un simple électromètre à quadrants filiformes ([1]), et une tension influençante de 500 volts efficaces, une sensibilité limitée seulement par celle du manomètre ordinaire qui mesure P: Il suffit en effet que, pour la petite surpression ΔP qui définit cette sensibilité, la flèche de la membrane soit une fraction appréciable (de l'ordre de $\frac{1}{25}$) de l'écartement normal des deux armatures. La différence $(\mathfrak{P} - P)$ des deux pressions passera, au cours du cycle, par des valeurs très grandes vis-à-vis de ΔP; mais il n'en résultera pas d'inconvénient si l'on a soin de limiter les déformations de la membrane par des appuis mécaniques disposés de part et d'autre; l'armature influencée elle-même peut constituer un de ces appuis.

Au lieu d'utiliser pour les mesures la méthode de zéro, on peut, avec cet appareil, faire un enregistrement strobométrique direct, où les pressions aux divers points sont mesurées par les déviations du spot de l'électromètre. Mais la sensibilité relative devient alors beaucoup plus faible, car, les mesures électriques étant alors faites dans *toutes* les positions prises par la lame, il faut que, pour la pression maximum du cycle, la flèche reste très inférieure à l'écartement normal des armatures; la limite de sensibilité deviendra ainsi une fraction notable de la pression maximum. La précision est d'autre part altérée, non seulement par les variations d'élasticité de la lame, mais aussi par les variations de la tension influençante et de la durée de contact de l'interrupteur.

Comme dans le cas des dynamomètres, on peut, si les circonstances sont incompatibles avec l'emploi de l'électromètre, utiliser, pour la mesure des variations de capacité du manomètre, la méthode des battements d'oscillations hertziennes.

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1603.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les tourbillons en bandes et la théorie de Rayleigh.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. M. Brillouin.

Dans son Mémoire théorique que j'ai résumé dans une Note récente ([1]), Rayleigh, avant de traiter le cas général où la viscosité et la conductibilité thermique du liquide interviennent, avait examiné le cas, plus simple, où l'un des deux coefficients est nul, par exemple la viscosité : l'équilibre stable est alors impossible, si faible que soit le flux de chaleur ascendant. Dans le problème à deux dimensions, on trouve, dans ce cas, en première approximation, pour le régime permanent des tourbillons :

$$\left(\frac{\lambda}{e}\right)_{\min} = 2.$$

Il s'agit donc ici de *tourbillons en bandes* rectilignes et indéfiniment étendues dans la direction horizontale perpendiculaire au plan vertical des coordonnées.

Je les avais observés et décrits, dès le début de mes recherches ([2]), sous le nom de *régime des grandes coupures longitudinales*, comme premier stade des tourbillons, quand la nappe liquide, au moment où l'instabilité commence, est le siège d'un mouvement général à vitesses horizontales : elle se divise alors en bandes de largeurs à peu près identiques, parallèles aux vitesses. Mais, dans les conditions où j'opérais (spermaceti fondu fortement chauffé par en dessous, avec surface libre), ce stade durait très peu, une ou deux secondes; avant que les bandes aient eu le temps de se régulariser, chacune d'elles se fragmentait pour son propre compte en cellules, d'abord rectangulaires, puis hexagonales; assez vite, le dessin des bandes primitives disparaissait, pendant la régularisation progressive, et de plus en plus lente, des côtés et des angles des polygones cellulaires. Aussi n'avais-je fait alors aucune mesure précise des largeurs des bandes initiales.

Par la suite, C. Dauzère ([3]) fit une étude détaillée de ce stade, montrant

---

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1109-1111. Par suite d'une erreur typographique, l'appel de note de la page 1111, ligne 7, n'est pas à sa place : il doit être lu à la fin de la deuxième ligne.

([2]) *Revue gén. des Sciences*, 11, 1900, p. 1268 et 1269, fig. 11 et 12.

([3]) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1228

qu'il peut subsister indéfiniment si le flux est assez faible. Il a bien voulu, à ma demande, mesurer les largeurs des bandes vermiculées d'une belle série de clichés obtenus par lui avec de l'acide stéarique impur (bougie rose), sous l'épaisseur de $2^{mm},44$.

Températures.	87°.	90°.	95°.	100°.	106°.	110°.	115°.	119°.
Valeurs de $\frac{\lambda}{e}$	1,95	2,29	2,25	2,02	2,10	2,17	2,17	2,17

A part la première valeur, un peu faible, les autres, non seulement présentent des écarts du sens prévu, et une variation avec la température tout à fait comparable à celle que j'avais observée pour les cellules hexagonales, mais surtout un *minimum* 2,02 pratiquement identique à la valeur théorique de Rayleigh.

Enfin, récemment, j'ai pu obtenir des tourbillons en bandes rectilignes assez régulières dans un bain de développement (1). Pour produire les différences de densité, j'utilise uniquement les variations de concentration du révélateur consécutives au développement : les tourbillons du régime permanent s'enregistrent par les différences de noircissement de la plaque préalablement voilée (2).

La plaque vierge, dont la gélatine a été préalablement gonflée, est placée, émulsion en dessous, sur des cales en glace mince ($e = 1^{mm}$), reposant elles-mêmes sur le fond bien plan et horizontal de la cuve en nickel, très épaisse (1^{cm}), de sorte que le révélateur forme une lame *sans surface libre*, de l'épaisseur des cales. Le tout ayant longtemps reposé dans un thermostat, on voile légèrement la plaque du côté verre et on l'abandonne 20 minutes au développement lent.

Si les conditions sont bien uniformes dans le plan horizontal, on obtient un *vermiculage isotrope*, c'est-à-dire des bandes de largeurs identiques, parallèles à leurs voisines sur une petite étendue, mais dont le dessin capricieux n'indique aucune direction privilégiée; leur orientation est due au hasard, c'est-à-dire à des causes minimes et incontrôlables.

Mais on peut orienter les bandes de deux façons : 1° auprès des cales, elles sont parallèles à celles-ci, enregistrant évidemment les directions des lignes

---

(1) M. Pierre Delaval m'a aidé avec beaucoup d'habileté.

(2) Les clichés granulés, vermiculés, ou zébrés, suivant les cas, ainsi obtenus, anciennement décrits, n'avaient reçu aucune explication satisfaisante avant mes premières publications. Depuis lors, C. Dauzère a fait l'étude très complète de cette division cellulaire des bains développateurs (*Assoc. pour l'avanc. des sciences*, Toulouse, 1910, p. 179).

de courant, dues à l'agitation involontaire, même très faible, du liquide; 2° si la plaque a été d'abord fortement insolée sous caches, les bandes s'orientent perpendiculairement aux bords des caches, donc parallèlement aux directions du gradient de concentration du révélateur dû au développement.

J'ai pu obtenir un rectangle (6×4^{cm}) couvert de bandes rectilignes parallèles, assez régulières, en combinant ces deux effets, le premier pour les grands côtés, le second pour les petits. Les mesures confirment encore la valeur théorique, avec des écarts de l'ordre des erreurs de mesures. Deux des meilleurs clichés ont donné :

Largeur de 14 bandes contiguës $= 27^{mm},5$; d'où $\frac{\lambda}{e} = 1,96$.

» 8 » » $= 15^{mm},7$ » $= 1,96$.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *La sismicité du Soleil et la périodicité des orages magnétiques.* Note de M. ÉMILE BELOT, présentée par M. Bigourdan.

Dans une série de Notes (¹) du plus haut intérêt, M. Deslandres a fait connaître la loi de périodicité des orages magnétiques dus à l'émission d'ions et d'électrons par les couches profondes du Soleil où se trouveraient le long de la zone équatoriale des volcans espacés de 60°. En dehors de ces six points d'émission des orages les plus intenses, des périodicités secondaires provenant d'émissions à 30° et 15° des premières marqueraient des orages magnétiques moins importants. Il y a lieu de rechercher les causes de ces périodicités.

En raison du fait que la surface solaire est très loin de la phase solide, il est difficile de s'arrêter à la symétrie hexagonale que l'on trouve dans un cylindre de verre qui se refroidit et dans les prismes de basalte. J'ai d'ailleurs été amené, pour expliquer le mouvement des taches en latitude (²) à admettre l'existence sous la photosphère d'une couche assez profonde où se présente une discontinuité de densité, à la surface de laquelle la matière solaire pourrait être à l'état de liquide ou de vapeurs denses.

Des éruptions émises sur une telle surface pourraient propager à l'intérieur des couches croissant en densité, des ondes sismiques de condensation

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 743 et 1031; **183**, 1926, p. 105, 493, 1313; **185**, 1927, p. 10 et 626.

(²) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 283.

analogues à celles que les sismogrammes font connaître dans la croûte terrestre. Dans la Terre ces ondes se propagent suivant des courbes concaves vers l'extérieur qui donnent lieu à des points d'émergence situés à grande distance du sisme originel. Dans le Soleil l'énergie énorme des éruptions doit provoquer des ondes de recul se propageant à l'intérieur suivant des courbes concaves vers l'extérieur. Cherchons si ces ondes peuvent émerger à 60° des points d'émission et quelle vitesse moyenne V elles doivent avoir pour pouvoir émerger en une fraction de la période de la rotation solaire égale à $27^{j},3:6$ ou $4^{j},55$.

Le fait que les couches où naissent les taches ont des vitesses décroissantes vers les pôles suivant la loi de Faye montre que les ondes sismiques intra-solaires dévergeant de l'équateur vers les pôles subiraient une distorsion dissipant leur énergie en latitude et les faisant émerger au delà de la zone des taches; il n'y a donc à s'occuper que des ondes voisines de l'équateur qui resteront sans distorsion et parallèles à son plan.

Considérons une onde sismique interne parcourant en 4,55 jours la corde de 60° dont la longueur est celle (700000^{km}) du rayon solaire : sa vitesse sera de 1781^{m} par seconde. Si l'onde parcourt à l'intérieur du Soleil une courbe symétrique par rapport à la corde de 60° et égale à cet arc, la vitesse V sera de 1864^{m} par seconde. En un mot, une explosion volcanique en un point donnera lieu à une émergence sous un angle de 60° avec la surface et à distance de 60° dans l'équateur d'une onde qui aurait une vitesse voisine de 1800^{m} par seconde.

Appliquons à divers cas la formule générale donnant la vitesse V d'une onde de condensation en fonction du coefficient d'élasticité E et de la masse spécifique D :

$$V=\sqrt{\frac{E}{D}}.$$

On trouve $V=2200^{m}$ dans la croûte terrestre pour les roches sédimentaires légères.

Supposons liquide la surface solaire de densité D où naissent les éruptions; la densité serait 1,41 si le Soleil était homogène et 0,47 si la densité y suivait la loi des gaz parfaits : la densité moyenne D serait donc voisine de celle de l'eau; or la vitesse du son dans l'eau est 1430^{m}. Pour un liquide de densité ayant le même coefficient de compressibilité que l'eau, on aurait $V=1864$ à la pression de $1^{atm},7$. Dans l'hypothèse d'un gaz parfait où V est indépendant de la pression, mais proportionnel à $(1+\alpha T)^{\frac{1}{2}}$, la

vitesse dans l'air à la température $T = 8000°$ serait de 1864^m. Il se peut que le mélange d'hydrogène, d'hélium et de vapeurs métalliques ait dans les couches solaires une densité voisine de celle de l'air.

Des calculs précédents on peut conclure que la vitesse moyenne $V = 1800$ m/sec pour celle de l'onde sismique se propageant dans les couches profondes du Soleil est voisine de la réalité. Dès lors toute éruption solaire aura deux répliques émergeant à 60° en avant et en arrière de la rotation et dans l'Équateur.

Mais par raison de symétrie toute onde interne partant d'un point A de l'Équateur doit faire converger à l'antipode de A une perturbation capable de déclencher une éruption. Alors le réseau hexagonal de ces répliques éruptives sera complet : c'est celui qui détermine les orages d'intensité maxima (orages de Maunder). Leur persistance en des points distants de 60° produira dans les couches supérieures des ondes soit internes, soit de surface comme les ondes de Rayleigh émanant de ces points et convergeant, *quelle que soit leur vitesse*, en leur milieu, c'est-à-dire à 30° des points d'émission primitifs. Le même processus produira par interférence secondaire les orages émis à 15° de distance des orages de second ordre.

En résumé, les courbes tracées par les magnétographes avec leurs pointes multiples de hauteur variable ressemblent aux tracés des sismographes terrestres et ne sont que la traduction électromagnétique, sur le méridien synodique de la Terre, des courbes qu'enregistreraient des sismographes à la surface du Soleil. Les ondes sismiques solaires, pouvant atteindre une profondeur de 180000^{km} sous la surface du Soleil, pourraient nous apporter des notions nouvelles sur sa constitution profonde, comme les ondes sismiques de la Terre nous renseignent sur les discontinuités de sa densité interne. Si la surface équatoriale du noyau dense du Soleil est en raison de sa pulsation plus loin de la surface de la photosphère au moment du minimum des taches, on comprend aisément que les éruptions seront moins fréquentes et moins intenses ayant à traverser, avant d'émerger de la photosphère, des couches atmosphériques de plus grande épaisseur.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une construction fournissant la masse propre du point matériel chargé dans l'univers à cinq dimensions.* Note [1] de M. A. **Schidlof**, présentée par M. M. de Broglie.

Désignons par $\xi_i (i = 0, 1, 2, 3, 4)$ les coordonnées d'un point de l'univers à cinq dimensions et par $x^i (i = 1, 2, 3, 4)$ les coordonnées d'un point de l'espace-temps, multiplicité quadridimensionnelle caractérisée par la condition $d\xi^0 = 0$. Soit $d\sigma$ l'élément invariant de la ligne d'univers du point matériel, et soient $d\vartheta$ et dl deux vecteurs infiniment petits dont le premier est orienté suivant la direction invariante de la cinquième dimension et le second perpendiculaire au premier. On suppose en général le vecteur dl identique à l'invariant

$$ds = \sqrt{g_{ik}\,dx^i\,dx^k} \tag{1}$$

de la théorie d'Einstein. Il vient

$$d\sigma^2 = d\vartheta^2 + dl^2. \tag{2}$$

Pour déduire des équations des géodésiques d'univers les équations du mouvement du point matériel dans l'espace-temps, il est nécessaire de poser

$$dl = ds, \tag{3}$$

mais on peut, à mon avis, abandonner sans inconvénient la supposition que le ds einsteinien soit *identique* à l'invariant dl. Il suffit, en effet, que l'égalité (3) soit vraie pour

$$d\xi^0 = 0.$$

Ceci admis, on peut établir entre les coordonnées d'univers ξ^i et les coordonnées de l'espace-temps x^i des relations de la forme

$$x^i = \xi^i + C_i\xi^0, \tag{4}$$

les C_i étant des constantes. D'après (1), (2) et (4) les trois différentielles $d\vartheta$, ds et $d\sigma$ satisfont à l'équation

$$d\sigma^2 = a\,d\vartheta^2 + b\,d\vartheta\,ds + c\,ds^2, \tag{5}$$

dont les coefficients a, b, c sont des constantes si l'équation se rapporte au

---

[1] Séance du 28 novembre 1927.

mouvement du point matériel en l'absence de tout champ. Dans une Note précédente [1] j'ai déduit de (5) une équation du second degré fournissant, selon le signe attribué à la charge électrique du point matériel, soit la masse propre du proton $M + \mu$, soit celle de l'électron μ.

On peut aussi interpréter l'équation (5) par une construction faite dans le plan des deux vecteurs $d\vartheta$ et dl:

Le vecteur d'impulsion d'univers du point matériel a une grandeur indépendante du signe de la charge électrique. Celui du proton forme un angle α et celui de l'électron un angle $\pi - \alpha$ avec la direction $d\vartheta$. Traçons un axe incliné sur $d\vartheta$ d'un angle négatif β un peu plus petit, en valeur absolue, que l'angle α et menons par les extrémités des deux vecteurs d'impulsion des droites parallèles à l'axe en question.

En choisissant convenablement le rapport des deux angles α et β on peut rendre les composantes suivant dl des deux vecteurs d'impulsion proportionnelles à $M + \mu$ pour le proton et à μ pour l'électron.

Mentionnons encore que l'angle α est de l'ordre de 10^{-18}.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les pellicules sphériques électrisées et les séries spectrales.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. Fabry.

1. J'ai précédemment rattaché le phénomène gravifique aux actions électrodynamiques qui s'exercent entre les protons, assimilés à des pellicules sphériques électrisées en état de vibration radiale [2]. La formule obtenue exprime, avec toute la précision compatible avec celle des données expérimentales, la constante φ de Newton en fonction notamment de la constante des spectroscopistes $\mathcal{R}$ et de la constante de Planck h. Elle peut être transformée par l'introduction d'autres constantes universelles comme, par exemple, la constante α de Sommerfeld [3] ou encore le quantum universel d'énergie $\mathcal{E}_0 = \mathcal{R}ch$ (*quantum rydbergien*) qui correspond à la fréquence $(\mathcal{R}c)$ de Rydberg [4]. Dans ce dernier cas on obtient :

$$\sqrt{\varphi} = \frac{9}{2}\frac{e\mu}{\nu^2}\left(\frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{E}}\right)^2 \quad \text{et} \quad \sqrt{\varphi} = \frac{9}{2}\frac{e}{\mu}\left(\frac{\nu_1}{V}\right)^4,$$

e désignant la charge et μ la masse de l'électron, $\mathcal{E}$ l'énergie électrostatique,

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 898.
(2) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1150.
(3) Darrieus, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 190.
(4) c désigne la vitesse de la lumière.

V le potentiel et ν la masse du proton, v_1 le potentiel auquel il faudrait porter *l'électron* pour que son énergie électrostatique fût égale au quantum rydbergien.

2. Les vibrations radiales propres de l'électron n'interviennent probablement dans le phénomène gravifique que pour une part très minime ([1]). Par contre elles paraissent jouer un rôle fondamental dans le domaine spectral.

Pour calculer leur fréquence N il suffit de fixer la valeur de la constante H de notre formule $\mathcal{E} = \frac{H}{T}$ ([1]). En posant provisoirement $H = \gamma h$, γ désignant un coefficient convenable, on trouve $N = \frac{3\mu c^2}{4\gamma h}$. Si l'on admet que cette formule subsiste pour un électron animé d'une vitesse v et si l'on pose

$$\mu = \frac{\mu_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

μ_0 désignant la masse et N_0 la fréquence propre de l'électron au repos, on obtient, en négligeant les termes en $\frac{v^4}{c^4}$:

$$N_0 = \frac{3\mu_0 c^2}{4\gamma h}, \tag{1}$$

$$N = N_0 + \frac{3}{8}\frac{\mu_0 v^2}{\gamma h}. \tag{2}$$

Pour un autre électron animé d'une vitesse v' on aurait

$$N' = N_0 + \frac{3}{8}\frac{\mu_0 v'^2}{\gamma h}. \tag{3}$$

Les fréquences N_0, N et N′ ayant des valeurs très voisines peuvent donner lieu à des battements.

Première application. — Considérons un atome dont le noyau ait une charge $+E$ et, dans cet atome, deux électrons évoluant sur deux orbites circulaires telles que l'on ait

$$\frac{1}{2}\mu_0 v^2 = \frac{4}{3}\gamma h \left(\frac{E}{e}\right)^2 \frac{\mathcal{R}c}{p^2} \quad \text{et} \quad \frac{1}{2}\mu_0 v'^2 = \frac{4}{3}\gamma h \left(\frac{E}{e}\right)^2 \frac{\mathcal{R}c}{q^2}, \tag{4}$$

p et q désignant deux nombres entiers. On observera des battements dont

---

([1]) *Loc. cit.*

la fréquence ($\nu = N - N'$) calculée par les formules (2), (3) et (4) s'exprime exactement par la formule de Rydberg, qui se trouve ainsi établie sans avoir eu à faire appel à la seconde et étrange condition de Bohr.

Pour que les orbites définies par les relations (4) coïncident avec celles de Bohr, il faut prendre $\gamma = \frac{3}{4}$, ce qui correspond à $N_0 = 1,2.10^{20}$. On a alors

$$N = N_0 + \frac{1}{2} \frac{\mu_0 v^2}{h}. \tag{5}$$

Deuxième application. — Considérons un métal bombardé par des électrons animés au moment du choc d'une même vitesse v.

Ces électrons pénètrent dans le métal jusqu'à ce que leur vitesse soit nulle de sorte que chacun d'eux possède successivement toutes les vitesses comprises entre o et v et, par conséquent, toutes les fréquences propres comprises entre N_0 et N [formule (5)], ce qui déclenche toutes les fréquences de battements comprises entre $\nu = 0$ et $\nu = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 v^2}{h}$. Nous retrouvons ainsi le fond continu des spectres de rayons X avec leur limite bien connue du côté des grandes fréquences.

En même temps, celles des fréquences comprises entre N_0 et N qui sont à l'unisson des fréquences propres des électrons orbitaux du métal, les renforcent par résonance; d'où, par voie de battements, production d'un spectre caractéristique, les raies d'une même série apparaissant toutes à la fois, comme le veut l'expérience, lorsque croît la vitesse d'impact v.

THERMODYNAMIQUE. — *Le cycle triangulaire réversible. Démonstration de plusieurs classes de relations thermodynamiques.* Note de M. C. **Raveau**.

I. *Cycles isothermes.* — *a.* Les cycles infiniment petits, dont les relations thermodynamiques expriment les propriétés, doivent seuls figurer dans les raisonnements. Soit, pour une pile de f. é. m. E par exemple, trois modifications successives, représentables respectivement sur le plan des pv et sur celui des Em par des triangles. La somme des deux aires, qui mesure le travail total, mécanique et électrique, est nulle, en vertu de la seule notion de réversibilité [1]. Si, pour deux côtés successifs 1, 2, on a $dp_1 = 0$,

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1337.

$dm_2 = 0$, la somme est $\frac{1}{2}\left[-\left(\frac{dv}{dm}\right)_p dm_1 dp_2 + \left(\frac{dE}{dp}\right)_m dm_1 dp_2\right)\Big]$. D'où la condition qu'on obtient d'ordinaire par le calcul intégral à partir de l'expression $p\,dv - E\,dm$ du travail, et qui n'est que la plus élémentaire des remarques géométriques.

Pour un triangle quelconque on a la condition

$$(T) \qquad (dp_1 dv_2 - dp_2 dv_1) - (dE_1 dm_2 - dE_2 dm_1) = 0$$

sur laquelle, en annulant soit un seul produit, soit un produit dans chaque binome, on lit directement toutes les relations possibles. Toutes les variables sont présentes; on conserve celles que l'on veut. La marche suivie ici diffère essentiellement de l'emploi du théorème de réciprocité des auteurs anglais en ce qu'elle n'invoque pas l'existence d'une fonction thermodynamique et de ses différentielles première et seconde.

b. Le nombre de variables peut être quelconque (dispositif à parois semi-perméables de Van't Hoff); tous les dp_i sont nuls.

c. Soit enfin une lame diélectrique placée entre les armatures d'un condensateur et soumise à une pression p et à une traction F dans son plan. On peut annuler simultanément dE_1, dm_1, puis dp_2, dv_2 et l'on obtient, comme dans le cas d'un diélectrique sous p et t variables ([1]), une relation d'une *classe nouvelle* : $dF_{p,v} = dF_{E,m}$, pour un même allongement, etc.

II. *Variables p et t*. — *a*. Soit un cycle de Carnot du second ordre AA'BB' décrit entre t et $t + dt$, absorbant dQ à t suivant AA'. *Géométriquement* l'aire varie comme $dt\,dQ$. Le second principe veut ensuite que $dt\,dQ$ soit proportionnel, par un facteur négatif, au travail ou plus exactement au *terme en dt*, considéré par Carnot et Clapeyron, dans l'expression du travail produit. Cette approximation, l'absence de tout terme rappelant BB' imposent l'introduction d'un cycle *triangulaire* AMA', dont le sommet M est à $t + dt$. L'aire est alors divisée par 2, en même temps qu'une quantité de chaleur, égale au total à dQ, est déversée sur A'M + MA *uniformément*, c'est-à-dire en moyenne à $t + \frac{dt}{2}$. Si le côté AA' est 1,

$$(C) \qquad dp_1 dv_2 - dp_2 dv_1 = -k^2 dQ_1 dt_2,$$

d'où l'on déduira des conditions de signe formant, comme plus haut, deux classes : 1° conditions de réciprocité; 2° conditions du type $(C - c)\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_t < 0$.

([1]) Voir *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1121 et 1228.

b. De la seule notion de réversibilité (voir la première Note citée) résulte la similitude thermique des cycles de Carnot, à partir de laquelle on définira T comme la quantité de chaleur absorbée à t par un système donné, entre deux adiabatiques choisies *une fois pour toutes*. Pour un cycle infiniment petit, en ne conservant dans la variation de T que le terme en dt,

$$(\mathrm{C}') \qquad dp_1\,dv_2 - dp_2\,dv_1 = -\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{T}}\frac{d\mathrm{T}}{dt}\,dt_2\,d\mathrm{Q}_1 \quad \text{ou} \quad -\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{T}}\,d\mathrm{T}_2\,d\mathrm{Q}_1,$$

la première expression servant au calcul de T.

Applications. — 1° $\mathrm{J}\,d\mathrm{Q}_1 = p\,dv_1$ (gaz parfaits); on trouve : $\frac{1}{\mathrm{T}}\frac{d\mathrm{T}}{dt} = \frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)_v$, d'où l'on conclut sans intégration;

2° et 3° $dp_2 = 0$, $dv_2 = 0$: formules de Clapeyron;

4° $(dv_1 < 0)$ $dv_2 = -dv_1$, $\mathrm{J}\,d\mathrm{Q}_2 = p\,dv_2$: détente de Joule;

5° $(dp_1 > 0)$ $dp_2 = -dp_1$, $\mathrm{J}\,d\mathrm{Q}_2 = -v\,dp_2$: détente de Joule-Thomson;

6° $dp_2 = 0$, $dv_1 + dv_2 = 0$: $\mathrm{C} - c$;

7° $dp_2 = 0$, $d\mathrm{Q}_1 = -\mathrm{C}\,dt_2$: eau au-dessous de 4° (Joule);

8° $dp_2 = 0$; pour un système qui peut être le siège d'une transformation ou d'une migration de matière dm, $d\mathrm{Q}_1$ est $h\,dp_1 + \mathrm{L}\left(\frac{\partial m}{\partial p}\right)_t dp_1$; dv_2 a une expression analogue : formule de Clapeyron et loi de l'isoéquilibre, etc.

c. On pourrait généraliser, au moins en apparence, par la considération d'un triangle quelconque auquel on attacherait le *binome thermique* $dt_1\,d\mathrm{Q}_2 - dt_2\,d\mathrm{Q}_1$ et qui serait le siège d'un transfert de chaleur $\frac{dt_1\,d\mathrm{Q}_2 - dt_2\,d\mathrm{Q}_1}{dt_1 + dt_2}$ entre deux températures distantes de $\frac{dt_1 + dt_2}{2}$. On aurait alors

$$(\mathrm{R}) \qquad dp_1\,dv_2 - dv_1\,dp_2 = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{T}}\frac{d\mathrm{T}}{dt}(dt_1\,d\mathrm{Q}_2 - dt_2\,d\mathrm{Q}_1).$$

Le premier binome est l'expression d'une aire; le second a été formé de toutes pièces; le rapport des deux est, en un point donné, indépendant de la forme du triangle (dt, $d\mathrm{Q}$ étant fonctions linéaires de dp, dv). C'est ce fait purement mathématique qu'exprime d'abord (R). *La Thermodynamique ne fournit que la valeur du coefficient.*

III. Il a été fait allusion, en I*c*, au cas de plus de deux variables.

IV. Conclusion. — *Le cycle triangulaire doit être choisi comme élément ultime dans les raisonnements thermodynamiques; ses propriétés s'expriment en écrivant qu'une certaine somme de binomes alternés (dont l'un est multiplié par la fonction de Carnot) contenant uniquement des différentielles, sans dérivées, est nulle. Sur une équation se lisent toutes les formules, dérivables les unes des autres par des permutations.*

OPTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode interférentielle de mesure des indices de liquides.* Note de Mlle **O. Jasse**, présentée par M. A. Cotton.

La méthode consiste à comparer les longueurs optiques de deux épaisseurs égales, l'une prise dans le liquide à étudier, l'autre dans l'air. A cet effet, il est commode d'observer les deux systèmes d'anneaux à l'infini produits par le passage de la lumière à travers une lame à faces parallèles, limitée par des argentures transparentes, dont le liquide constitue la moitié inférieure et l'air la moitié supérieure.

Cette méthode permet, contrairement à d'autres méthodes interférentielles qui ne font qu'accroître la précision de mesures antérieures, de connaître l'indice sans aucune donnée préliminaire.

La différence de marche δ produite, dans le cas d'une lame liquide, par deux ondes interférentes est

$$\delta = 2eN\cos r,$$

où N est l'indice absolu du liquide et r l'angle des rayons et de la normale dans la lame. La longueur d'onde dans le vide de la radiation considérée étant désignée par Λ, l'ordre d'interférence a pour valeur

$$P = \frac{2eN\cos r}{\Lambda}.$$

Si λ est la longueur d'onde de la même radiation dans l'air et N' l'indice absolu de l'air, il vient

$$P = \frac{2e\cos r}{\lambda} \times \frac{N}{N'} = \frac{2ne\cos r}{\lambda}$$

puisque $\frac{N'}{N} = n$, indice du liquide par rapport à l'air.

En appelant i l'angle extérieur à la lame, seul mesurable, on a

$$P = \frac{2e\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\lambda}. \tag{1}$$

Appelons i et i' les angles correspondant aux premier et $(p+1)^{\text{ième}}$ anneaux, par exemple; la formule (1) permet de déduire :

$$\frac{2e\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\lambda} - \frac{2e\sqrt{n^2 - \sin^2 i'}}{\lambda} = p,$$

d'où

$$\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \sqrt{n^2 - \sin^2 i'} = p\,\frac{\lambda}{2e}. \tag{2}$$

Dans cette formule, i et i' sont des résultats de mesures, p et λ sont connus; enfin, l'épaisseur e est obtenue facilement par les interférences produites dans la lame d'air située au-dessus de la lame liquide. La valeur de n qu'on tire de la formule est obtenue avec assez de précision pour qu'on puisse en déduire ensuite la partie entière de l'ordre d'interférence au centre des anneaux dans le liquide $P_0 = \frac{2ne}{\lambda}$. Comme on en peut mesurer la partie fractionnaire par le diamètre apparent du premier anneau, on a alors, de cette même relation, une seconde détermination de n beaucoup plus exacte.

C'est ainsi que dans le cas d'un liquide dont l'indice est de l'ordre de 1,3, étudié avec un étalon interférentiel de 60^{μ} d'épaisseur, la formule (2) fait connaître n avec une approximation de la troisième décimale, sans aucune donnée antérieure sur l'indice, à condition, ce qui est possible, de déterminer $\frac{2e}{\lambda}$, l'ordre au centre dans l'air, à 0,02 frange près, de mesurer i et i' à la minute près et de faire en sorte que p soit égal à 30 environ. La partie entière de l'ordre d'interférence P_0 voisine de 300 est alors connue sans ambiguïté et par suite P_0 l'est à $\frac{1}{10000}$ environ. Ayant l'épaisseur avec une approximation identique, on a l'indice à $\frac{2}{10000}$. Une épaisseur double donnera une précision plus grande, et il suffira cette fois de mesurer les diamètres du premier anneau dans l'air et dans le liquide. Puis de proche en proche, n sera amélioré en opérant avec des épaisseurs de plus en plus grandes et convenablement choisies.

Cette méthode de mesure de l'indice des liquides est donc susceptible d'une grande précision; de plus, elle offre l'avantage de ne nécessiter qu'une très petite quantité de matière.

OPTIQUE. — *Emploi du spectroscope dans le réglage des franges de superposition*. Note de M. **Georges Simon**, présentée par M. A. Cotton.

Si l'on reçoit sur la fente d'un spectroscope un faisceau parallèle de lumière blanche qui a traversé deux lames de Perot et Fabry, on observe des cannelures rectilignes, très nettes lorsque la différence des épaisseurs est de l'ordre de 100^{μ}.

Si le réglage de chacune des lames est imparfait, on a des cannelures courbes ou peu nettes : ce critère est d'autant plus sensible que la différence des épaisseurs Δe est plus petite. Si l'on augmente progressivement l'épaisseur de l'une des lames, la différence d'épaisseur des deux lames

diminuant peu à peu, on constate que les cannelures se déplacent vers le violet, en même temps qu'elles s'élargissent et disparaissent quand les épaisseurs sont égales. Puis, si l'on continue à augmenter l'épaisseur de la même lame, Δe changeant ainsi de signe, les cannelures réapparaissent, d'abord larges et espacées, se déplacent du côté du rouge et vont en se resserrant au fur et à mesure que $|\Delta e|$ augmente.

Ces phénomènes se reproduisent pour deux lames d'épaisseurs multiples l'une de l'autre.

Si l'on emploie le dispositif décrit précédemment (1) on observe encore au voisinage de la superposition (à 100$^\mu$ environ) des cannelures : celles-ci sont courbes et le sens de leur courbure dépend du signe de la différence des épaisseurs.

Lorsqu'on approche progressivement de la superposition, les cannelures sont d'abord serrées, presque rectilignes, puis elles s'espacent, leur courbure augmente, la concavité étant du côté du rouge. A la superposition, les cannelures disparaissent au centre du champ. Lorsque la superposition est dépassée, les cannelures réapparaissent, d'abord espacées et très courbes, mais cette fois la concavité est du côté du violet, puis les cannelures se resserrent et leur courbure diminue.

Les phénomènes sont les mêmes si les épaisseurs sont multiples l'une de l'autre.

On a ainsi un moyen simple d'approcher de la superposition exacte. Ce moyen présente l'avantage de renseigner par l'aspect des cannelures sur le signe de la différence entre les deux épaisseurs comparées. Il suffit, quand on a amené les cannelures à être suffisamment espacées, de remplacer le spectroscope par une lunette pour observer les anneaux précédemment décrits (voir la Note citée).

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du chlore et du brome dans la région de Schumann*. Note de M. **Georges Vaudet**, présentée par M. A. Cotton.

Les mesures sur les spectres du brome et du chlore se bornaient jusqu'ici, pour la région de Schumann, à celles de Turner (2) relatives aux raies d'arc. M. Eugène Bloch m'a proposé d'étudier les raies d'étincelle de ces deux

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1124.
(2) Turner, *Phys. Rev.*, 27, 1926, p. 397.

corps, de manière à prolonger les listes qu'il a publiées avec M. Léon Bloch, listes qui s'arrêtent aux radiations de longueur d'onde 2250 ängströms environ ([1]).

L'appareil utilisé est le spectrographe à réseau dans le vide décrit par MM. Léon et Eugène Bloch ([2]). Cet instrument permet de faire tous réglages utiles sans supprimer le vide intérieur. La fente a été éclairée par un tube sans électrode, à enroulement extérieur parcouru par une décharge amortie de haute fréquence sous 30000 volts. Ce tube était vidé d'air, et renfermait un peu de chlorure ou de bromure de sodium pulvérisé. Il était séparé du réseau par une fenêtre de fluorine mince, de telle sorte qu'on n'a pu photographier les radiations en dessous de $\lambda = 1300$ ängströms.

Ces photographies ont été faites avec des plaques Schumann. Les raies du carbone, qui apparaissent comme impuretés sur tous les clichés ont servi de raies de référence, ainsi que quelques autres. Les étalons utilisés ont été ceux de Bowen et Ingram ([3]).

Liste du chlore.

Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.
6	2252,37	1	1910,91	1	1792,12	1	1570,80
5	51,88	2	01,63	0	89,10	3	64,99
0	35,34	1	1897,14	0	83,83	1	58,02
3	25,46*	2	90,65	3	72,06	2	42,81
0	2190,73	2	83,20	2	67,27	2	40,56
1	74,62	0	80,15	3	38,57*	1	1488,39
1	2094,41	2	69,41*	1	20,81*	0	59,63
0	92,27	5	57,68	3	1677,85*	1	1396,51
0	90,56	1	36,61	2	71,08*	2	89,89
2	89,34	1	33,25	0	65,17	2	79,55
2	87,79	2	32,11	0	62,72*	2	63.45
2	53,45*	3	28,43	0	54,17	2	51,65
0	27,79	1	24,55	3	49,96*	2	47,29
2	1998,75	4	22,51	2	47,43*	1	29,18
2	97,30	1	17,81	1	45,39	1	05,95
1	83,57	1	08,57	1	1599,28*	1	04,78?
3	42,40*	00	1794,28	2	92,84*	1	02,12?
1	12,92	1	93,16	1	76,32*	0	1298,53

([1]) L. et E. BLOCH, *Annales de Physique*, 7, 1927, p. 205.

([2]) L. et E. BLOCH, *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 63.

([3]) BOWEN et INGRAM, *Phys. Rev.*, 128, 1926, p. 444.

Liste du brome.

Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.
1	2246,68	3	1942,40*	0	1725,47	0	1547,62
1	45,15*	1	25,11	1	20,95*	0	44,91
1	43,71	2	23,29	3	12,34?	2	43,27
0	41,37	2	21,34	0	1693,76	0	42,20?
2	38,25	0	13,25	1	86,58	4	40,61 T
2	25,39*	1	1898,06	0	85,17	4	31,75 T
0	15,28	1	89,24	0	83,63	1	27,46
1	07,93	2	84,49	0	81,96	0	21,73
2	2199,96	00	82,04	3	77,93*	3	17,77
0	98,09	0	76,71	1	77,09	0	15,99?
0	92,37	1	72,35	1	75,70	2	06,88?
0	90,92	1	69,41*	1	72,66	0	02,77
0	88,11	1	51,12	2	71,12*	4	1488,56 T
1	81,42	1	50,32	0	65,32	0	64,45
3	80,46	0	49,59	2	62,70	2	49,96 T
0	77,77	0	43,89	0	54,48	0	14,51
3	73,81	0	39,02	0	53,20	0	12,15?
2	60,66	0	30,72	3	49,93*	1	11,29
0	55,13	1	27,77?	3	47,44*	0	10,05
1	49,30	2	23,70	00	42,32	0	02,22?
0	44,02	1	06,08	6	33,39 T	1	1387,31
0	39,49	1	04,78	0	30,56	1	84,72 T
0	36,89	0	03,88	0	17,27	0	79,16
3	34,09	1	02,75	0	11,33	1	78,11?
4	21,73	0	1796,37*	1	1599,44*	1	77,78
3	19,24	0	71,42	00	97,02	0	72,75
0	10,46	0	67,99	2	92,84*	0	70,94
0	2091,17	0	48,88	0	91,32	0	68,07?
4	83,89	0	47,07	0	88,39	0	28,31
0	73,68?	2	38,51*	5	82,28 T	0	25,62
1	62,51	1	37,89	0	80,50	0	06,47?
2	53,66*	0	36,17	0	77,77	0	04,89*?
0	50,63	1	29,88	5	76,33 T	0	02,18*?
0	21,38	0	28,20	5	74,76 T		

Nous donnons ci-dessus les listes des raies d'étincelle du chlore et du brome entre les longueurs d'onde 2250 Å et 1300 Å. Un certain nombre sont communes aux deux listes : elles sont marquées d'un astérisque et appartiennent probablement à une impureté. Pour le brome, on a marqué de la lettre T les raies obtenues par Turner dans l'arc. D'autres raies provenant sans doute d'impuretés ont été marquées de points d'interrogation.

SPECTROSCOPIE. — *Spectroscopie de l'étincelle du mercure produite dans un circuit oscillant en haute fréquence et en régime entretenu.* Note de M. **J. Rossignol**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le présent travail a pour objet l'étude des modifications spectrales de l'étincelle du mercure produite dans un circuit oscillant entretenu par lampes à trois électrodes, quand on fait varier la fréquence de ce circuit. Le montage adopté permet d'opérer dans le domaine de fréquences compris entre $1,2 \times 10^8$ et 7×10^4 (soit, dans l'échelle des longueurs d'onde, entre $2^m,40$ et 4300^m); ce montage est du type symétrique adopté par M. Mesny, avec deux lampes E4M Métal et couplage direct des circuits de grille et de plaque pour les fréquences les plus élevées; la puissance oscillante est de l'ordre d'une centaine de watts. La mesure de la fréquence des ondes courtes est effectuée au moyen d'un ondemètre constitué par un circuit oscillant de très petites dimensions, à capacité variable, et comportant une petite lampe à incandescence, étalonné par la méthode des fils de Lecher. Cet étalonnage a été poussé jusqu'à une longueur d'onde de $1^m,28$, celle-ci ayant été obtenue avec une puissance oscillante de 15 watts environ.

Primitivement l'étincelle à observer était produite dans un circuit indépendant couplé sur le circuit de plaques de l'oscillateur et en résonance avec lui, mais nous avons reconnu qu'une simplification pouvait être apportée sans modification du régime en faisant directement éclater l'étincelle entre les extrémités de la self de plaques des lampes.

La fréquence des oscillations est du reste mesurée pendant la production même de l'étincelle. Le spectrographe utilisé est un appareil Féry grand modèle à prisme objectif de quartz. L'étincelle est produite entre une pointe de cuivre amalgamé et une goutte de mercure.

L'observation des clichés donne lieu aux remarques suivantes.

Les spectres obtenus sont en général des « spectres d'arc » assez complets. Quand la fréquence des oscillations diminue, apparaissent des « raies d'étincelle » du premier ordre. Ceci est vraisemblablement dû au fait que la fréquence décroît quand la self-induction du circuit oscillant augmente; or cette augmentation de la self entraîne un accroissement de la tension maxima entre les électrodes de l'éclateur où jaillit l'étincelle, ce qui favorise l'apparition des raies dites d'étincelle.

Ainsi pour une fréquence du circuit oscillant de 10^8 correspondant à une

longueur d'onde de 3^m, on constate l'existence de toutes les raies d'arc intenses (¹); quelques-unes d'entre elles sont particulièrement fines comme les raies 3023,5 A; 2803,5; 2752,8; 2534,8; 2482,1. A noter toutefois l'existence des raies d'étincelle du premier ordre 3984, 2847,7 qui apparaissent fines et faibles, et celle de la raie 3914,3 dont la classification est douteuse et qui appartient sans doute au spectre d'arc.

Certaines raies d'arc n'apparaissent que pour une fréquence oscillante correspondant à une longueur d'onde plus élevée. Par exemple, pour une longueur d'onde de 84^m, nous constatons l'existence des raies suivantes classées comme raies d'arc : 3561,7; 3543,7; 2791,2; dans les clichés pris au voisinage de cette fréquence apparaissent les raies d'étincelle du premier ordre suivantes : 3387 (particulièrement fine), 2820, 2797; les raies du deuxième ordre : 3680, 3281,4; et la raie classée comme appartenant au troisième ordre : 3355,1.

Pour une longueur d'onde du circuit oscillant voisine de 140^m, on observe les raies d'arc : 2675; 2399,4; les raies d'étincelle du premier ordre 2806,8; 2499,4; 2492,1; 2262,3; 2224,8; la raie du deuxième ordre : 2295.

Pour une longueur d'onde voisine de 200^m apparaissent les raies d'étincelle Hg^+ 2947,1 et 2916,3.

Pour les longueurs d'onde supérieures à 200^m, pas de changements notables.

Il est à remarquer encore que les raies 3914,4; 3027,5; 2534,8; 2482,1 n'ont été obtenues que pour une fréquence du circuit oscillant voisine de 10^8. Enfin la raie de résonance 2536,5 est toujours renversée.

Les bandes de l'azote et les raies de la vapeur d'eau comprises entre 3195 A et 3060 A apparaissent sur la plupart des clichés; leur intensité est d'autant plus grande qne la longueur d'onde du circuit oscillant est plus courte.

(¹) Voir en particulier la classification donnée par M. E. Bloch dans le *Journal de Physique*, 4, 1923, p. 343-347.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les pouvoirs de ralentissement par atome, relatifs aux rayons α*. Note de M. SALOMON ROSENBLUM, présentée par M. J. Perrin.

Dans une Note précédente (¹) j'ai donné une formule relative au ralentissement que les rayons α subissent en traversant les corps simples

$$X = K\left(u - \frac{u^2}{100} + \frac{35{,}5\,u^3}{10^6}\right), \qquad (1)$$

où X est la masse de l'absorbant en milligrammes par centimètre carré, $u = \frac{V^0 - V}{V_0} \times 100$ ($V_0 = 2{,}06 \times 10^9$ cm/sec, V = vitesse à la sortie de l'écran), et K une constante qui dépend de la nature de l'écran.

Soient X_1 et X_2 les densités superficielles de deux éléments de poids atomique A_1 et A_2 provoquant une même perte de vitesse relative u.

Le rapport

$$\frac{A_2}{X_1} : \frac{A_2}{X_2} = \frac{A_1}{K_1} : \frac{A_2}{K_2}$$

définirait alors une grandeur que j'appellerai rapport des « pouvoirs de ralentissement » par atome de ces deux éléments. La notion du « pouvoir de ralentissement » est à rapprocher de celle du « pouvoir d'arrêt » déduite de la courbe d'ionisation de Bragg. La formule (1) n'étant pas rigoureusement valable pour les grands ralentissements, on peut prévoir un certain décalage entre les rapports des pouvoirs de ralentissement et ceux de pouvoir d'arrêt pour différents éléments.

En choisissant arbitrairement comme unité le pouvoir d'arrêt par atome d'une substance quelconque (en général on choisit l'air ou l'oxygène) différents auteurs ont donné des valeurs numériques des pouvoirs d'arrêt par atome pour plusieurs éléments.

Dans le tableau ci-après sont reproduites les valeurs expérimentales récentes des pouvoirs d'arrêts d'après R. V. Traubenberg (²) (méthode des coins métalliques) et d'après Consigny (³) (courbes de Bragg) et les valeurs des « pouvoirs de ralentissement » déduites de mes expériences.

(¹) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 851.

(²) *Zeits. f. Phys.*, **2**, 1920, p. 268.

(³) CONSIGNY, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1927 (ces nombres se rapportent en partie à des expériences qui ne sont pas encore publiées).

Éléments.	Rausch von Traubenberg.	Consigny.	Rosenblum.	$\frac{N \times 0,43}{(N+4)^{\frac{1}{2}}}$.	$\sum_{i=1}^{i=N} \frac{1}{i+4}$.	$A^{\frac{1}{2}} \times 0,265$.	$N^{\frac{1}{2}} \times 0,42$.	$N^{\frac{2}{3}} \times 0,202$
1 H....	0,20			0,19	0,20	0.27	0,42	0,20
2 He...	0,38			0,35	0,37	0,53	0,59	0,32
3 Li...	0,52		(0,46)	0,49	0,51	0,70	0,73	0,42
4 Be...	(0,75)			0,61	0,63	0,80	0,84	0,51
6 C....	0,86			0,82	0,85	0,92	1,03	0,67
7 N....	0,96			0,91	0,94	0,89	1,11	0,74
8 O....	1,00			0,99	1,02	1,06	1,19	0,81
12 Mg..	1,23			1,29	1,30	1,31	1,45	1,06
13 Al...	1,27	1,40	1,28	1,36	1,36	1,38	1,51	1,12
14 Si...	1,23			1,42	1,41	1,41	1,57	1,18
17 Cl...	1,76			1,60	1,56	1,58	1,73	1,34
18 A....	1,80			1,65	1,61	1.68	1,78	1,39
20 Ca...	1,78			1,75	1,69	1,68	1,88	1,49
26 Fe...	1,96		(2,05)	2,04	1,91	1,99	2,14	1,78
28 Ni...	1,89		(2,07)	2,13	1,98	2,03	2,22	1,87
29 Cu...	2,00	2,29	2,16	2.17	2,00	2,12	2,26	1,91
30 Zn...	2,05			2,22	2,03	2,35	2,30	1,96
35 Br...	2,51			2,41		2,37	2,48	2,11
46 Pd...			2,78	2,80		2,74	2,85	2,60
47 Ag...	2,74	2,92	2,85	2,83		2,76	2,88	2,68
48 Cd...	2,75		2,93	2,86		2,81	2,91	2,68
50 Sn...	2,86	3,13	3,02	2,93		2,89	2,99	2,75
53 I....	3,55			3,02		2,99	3,06	2,86
78 Pt..	3,64	(3,39)	3,66	3,71		3.71	3,77	3,67
79 Au..	3,73	3,73	3,73	3,73		3,73	3,73	3,73
81 Pb...	3,76	3,98	3,90	3,78		3,79	3,78	3,79
82 Tl...	3.86			3.80		3,82	3.80	3,82

Pour permettre la comparaison j'adopte pour le pouvoir de ralentissement de l'or la valeur 3,73, qui est son pouvoir d'arret d'après R. V. Traubenberg.

Différentes formules ont été proposées comme expression des pouvoirs d'arrêt en fonction du numéro atomique N et du poids atomique A (proportionalité à $A^{\frac{1}{2}}$, $N^{\frac{1}{2}}$ et $N^{\frac{2}{3}}$). Je propose comme nouvelle expression $\frac{N}{\sqrt{N+4}}$ où N est le numéro atomique. On voit d'après le tableau que cette expression donne une meilleure concordance avec les expériences.

Pour les N très grands elle tend vers $\sqrt{N}$.

On remarquera encore que les nombres expérimentaux pour les pouvoirs d'arrêt relatifs aux corps légers suivent d'assez près la relation $\sum_{i=1}^{i=N} \frac{1}{i+4}$ qui fait ressortir nettement que l'absorption de l'énergie par électron diminue lorsque augmente N (qui correspond au nombre d'électrons par atome), fait prévu par la théorie de Bohr, d'après laquelle les particules α cèdent d'autant plus d'énergie dans leurs rencontres avec les électrons que ceux-ci sont plus faiblement liés. Les nombres donnés entre parenthèses sont moins certains d'après les auteurs.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le phénomène de groupements d'atomes de radioéléments.* Note de Mlle **C. Chamié**, présentée par M. J. Perrin.

Dans mes Notes précédentes [1], j'ai montré l'existence de groupements d'atomes de radioéléments dans le mercure, dans les solutions acides, sur les surfaces activées par l'évaporation des solutions acides et sur les surfaces exposées aux émanations.

Des expériences nouvelles ont été faites pour se rendre compte de la généralité du phénomène de groupements d'atomes.

1° Une *solution ammoniacale* de polonium a été déposée sur une lamelle de mica et évaporée à sec. Les photographies obtenues en pressant la lamelle contre la plaque photographique ont montré que la répartition du polonium se fait par groupements d'atomes. Si l'on verse une solution ammoniacale de polonium sur une lamelle de mica très mince ou sur de la vaseline recouvrant la plaque photographique, on trouve, après développement de la plaque, les mêmes groupements que dans les expériences analogues avec les solutions acides.

2° Une *solution aqueuse* de polonium versée directement sur la gélatine et non évaporée à sec, ou bien évaporée à sec sur une lamelle de mica, donne des photographies semblables. Si l'on dilue la goutte dans une quantité beaucoup plus grande d'eau de manière à augmenter la surface active sur le mica, les groupements d'atomes persistent encore en conservant le même aspect.

3° On dépose une goutte de solution aqueuse de polonium sur la surface

(1) Mlle C. Chamié, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1243; 185, 1927, p. 770.

de l'*huile de cèdre* qu'on chauffe afin de faire évaporer l'eau; on mélange ensuite l'huile avec une baguette de verre et on la verse ensuite directement sur une plaque photographique. Les photographies mettent en évidence les groupements d'atomes de même aspect que dans les cas précédents.

4° Quatre grammes de *mercure* activé au polonium ont été divisés en deux gouttes égales qui ont donné des photographies semblables. On a dissous 14^{mg} d'argent dans l'une de ces gouttes, après quoi les deux parties ont été photographiées à nouveau. L'argent introduit dans l'une des gouttes n'a apporté aucun changement à la répartition du polonium dans le mercure et n'a pas altéré les images des groupes.

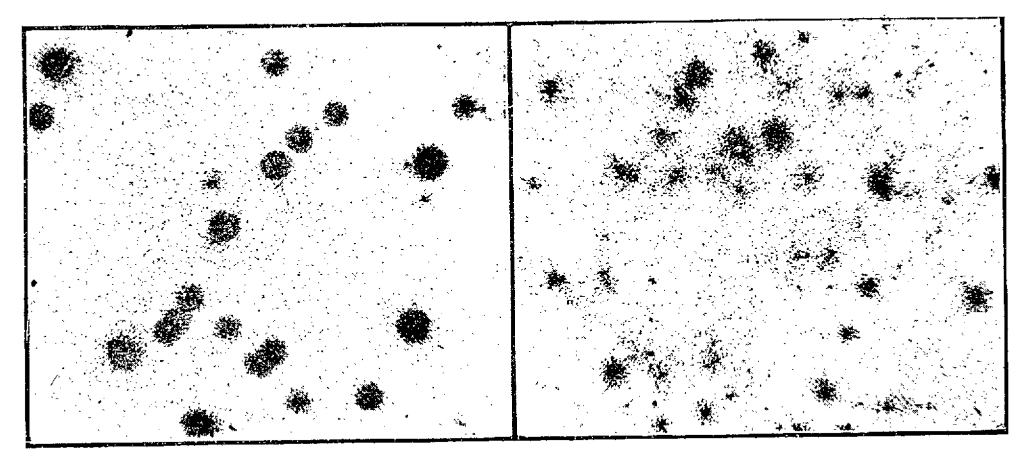


Fig. 1. — Microphotographie du dépôt actif de l'actinium abandonné par une lamelle.

Fig. 2. — Microphotographie d'une lamelle vers la fin de vie du dépôt actif de l'actinium.

5° Pour les activations des lamelles de mica par les *émanations*, des essais ont été faits pour voir si les groupements persistent toujours quelle que soit la teneur en vapeur d'eau de l'émanation. Ainsi on activait une lamelle par le radon qu'on faisait sortir d'un barboteur contenant une solution de chlorure de radium et l'on comparait les photographies à celles obtenues avec le radon sec sortant d'une ampoule. Les photographies sont semblables. De même les activations au thoron et à l'actinon dans un dessiccateur à anhydride phosphorique avec le vide ou à l'air sec ont été comparées à celles qui se faisaient à l'air libre; on retrouve toujours des groupements d'atomes, même lorsque l'activation est très réduite. La durée de l'activation ne modifie pas non plus l'aspect général des photographies. Ainsi une lamelle restée au-dessus d'une préparation d'actinium pendant 3 mois ou pendant quelques heures donne des photographies semblables. Pour éviter

le noircissement trop fort, on presse la lamelle contre la plaque et l'on retient en pose le dépôt actif abandonné par la lamelle pendant son contact avec la gélatine (*fig.* 1).

6° *Essai quantitatif.* — On mesure par la méthode électrométrique l'activité d'une lamelle activée par le polonium, on compte le nombre de groupes observés sur la photographie et l'on calcule le nombre d'atomes de polonium dans chaque groupement. L'ordre de grandeur est compris entre 10^6 et 10^8 atomes de polonium en moyenne par groupe, dans le cas où tout le polonium se trouvait à l'état de groupements.

7° *Examen des photographies.* — Les groupements d'atomes des radioéléments donnent sur la plaque photographique des impressions en étoiles dont les rayons correspondent au parcours des rayons α dans la gélatine. En examinant la plaque au microscope, on n'aperçoit pas avec certitude les trajectoires individuelles qui seraient dues à des atomes isolés, il semble que les atomes, dans les cas envisagés, appartiennent tous à des groupements. Il faut remarquer que la plaque est sensible à des effets secondaires qui, bien souvent, voilent les images caractéristiques.

Conclusion. — Les expériences mettent en évidence un nouveau phénomène d'après lequel les atomes des radioéléments peuvent être associés en groupements ponctuels dans les milieux divers et sous des conditions variées.

Des expériences sont en cours pour vérifier la généralité du phénomène et pour l'expliquer.

PHOTOCHIMIE. — *Action de la lumière sur les matières colorantes nitrées.* Note (1) de MM. **A. Seyewetz** et **D. Mounier**, transmise par M. Grignard.

Lorsqu'on expose à la lumière solaire ou aux rayons ultraviolets les matières colorantes nitrées (phénols ou amines nitrés), fixées sur des supports végétaux ou animaux, soit par teinture, soit par simple imbibition, on constate que ces colorants ne se comportent pas comme la plupart des autres colorants qui pâlissent ou se décolorent complètement. Au contraire, les colorants nitrés brunissent sous l'action de la lumière ou des rayons ultraviolets.

Nous avons reconnu que cette propriété est non seulement commune aux

(1) Séance du 21 novembre 1927.

matières colorantes nitrées, mais aussi aux composés nitrés non colorants. Les groupes OH ou NH^2 n'interviennent donc pas dans cette réaction.

Nous avons recherché d'une part la nature de la réaction ainsi produite et d'autre part les moyens de l'éviter en additionnant le colorant de substances agissant comme stabilisateurs.

Nature des réactions produites par la lumière. — Nous avons exposé comparativement au soleil et aux radiations ultraviolettes des matières colorantes mono, di et trinitrées (phénols ou amines) et des corps non colorants (carbures) sur divers supports végétaux ou animaux. Une portion du support servant de témoin était masquée par du papier noir. Tous ces composés ont donné un brunissement plus ou moins marqué sous l'action prolongée de la lumière ou des rayons ultraviolets.

Dans tous ces essais on a exposé comparativement, comme témoin, le support exempt de dérivé nitré sans observer d'altération visible.

Nous avons examiné d'abord si l'altération du composé nitré est due à une réduction ou à une oxydation, en essayant de supprimer ou d'atténuer le brunissement par addition d'un oxydant ou d'un réducteur au dérivé nitré. Ces essais ont été faits avec le *dinitrobenzène*, la *trinitraniline*, l'*orthonitrophénol*, l'*acide picrique*.

Dans ce but, les supports ont été imprégnés ou teints avec des solutions aqueuses ou hydro-alcooliques renfermant un poids de substance correspondant à 2 pour 100 du poids de la fibre. Les surfaces ainsi imprégnées ont été divisées en deux parties dont l'une était conservée comme témoin et l'autre imbibée de solution à 1 pour 100 de différents oxydants et réducteurs minéraux. Les échantillons étaient exposés à la lumière en même temps que le témoin.

Nous avons reconnu que les réducteurs agissent comme sensibilisateurs alors que les oxydants se comportent comme des stabilisateurs. La lumière a donc vraisemblablement une action réductrice.

Nous avons essayé, avec l'acide picrique, la trinitraniline et le dinitrobenzène de séparer le produit d'insolation du dérivé nitré initial. Le seul support qui nous ait permis d'obtenir une séparation satisfaisante est le coton.

Nous avons exposé de grandes surfaces de calicot imprégnées de solution de corps nitré. Après exposition, un lavage à l'eau élimine sur ce support l'excès de dérivé nitré tandis que le produit d'altération par la lumière se comporte comme un véritable colorant substantif et reste fixé sur la fibre. De plus, il peut jouer le rôle de mordant vis-à-vis des colorants basiques. Il

résiste à l'action de l'eau bouillante ainsi qu'à celle des solvants organiques.

Nous n'avons pu l'extraire que par un traitement alcalin (soude à 2 pour 100) et précipitation par un acide. Avec l'acide picrique notamment, nous avons pu isoler un produit brun pulvérulent qui peut être fixé à nouveau sur le coton en liqueur faiblement acide.

Ce corps, en grande partie insoluble dans l'eau, est un peu soluble dans l'alcool. Nous n'avons pas pu déterminer sa composition centésimale en raison des faibles quantités que nous en avons isolées jusqu'ici. Ce composé est azoté, renferme des groupes NO^2 ou NO mais pas de groupement NH^2.

Le processus de réduction aurait pu faire concevoir la formation d'acide picramique $C^6H^2 \begin{cases} OH \\ NH^2 \\ (NO^2)^2 \end{cases}$, mais l'absence de groupement aminé exclut cette hypothèse. La couleur et les propriétés substantives de ce composé permettent de supposer qu'il provient d'une réduction ménagée du groupe nitré engendrant un dérivé azoxyque transposable en oxyazoïque, d'après le schéma suivant :

OH, NO^2, NO^2, NO^2 — OH, NO^2, NO^2, NO^2 → OH, NO^2, NO^2 — N—N — OH, NO^2, NO^2 (N—N pontés par O) → OH, NO^2, NO^2 — N=N — OH, NO^2, NO^2, OH

Acide picrique. Dérivé azoxyque. Dérivé azoïque.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Méthode de différenciation des alliages d'aluminium basée sur l'emploi des indicateurs du* pH. Note de M. **Ch. Quillard**, présentée par M. J.-L. Breton.

On peut mettre en évidence diverses particularités de l'aluminium industriel et de ses alliages en étudiant la modification que subit le pH de l'eau bidistillée ou d'un électrolyte fort dans lequel on immerge des éprouvettes du métal étudié.

Si l'on plonge dans l'eau bidistillée ou dans une solution de chlorure de sodium pur dans l'eau bidistillée, à 30^g par litre, contenue dans des tubes en verre Pyrex servant aux mesures colorimétriques de pH, des lames des métaux sus-indiqués avec $0^{cm^3},5$ de solution de rouge de méthyle, de bleu de bromo-crésol, de pourpre de crésol, etc., on observe plus ou moins rapide-

ment des virages très différents du liquide des divers tubes suivant les métaux essayés.

Pour des échantillons de surface déterminée, après un même temps de contact, on obtient des chiffres de pH de la solution qui peuvent être déterminés avec précision et caractérisent le métal examiné.

C'est ainsi que des lames de métaux de provenances diverses, présentant une surface totale de $7^{cm^2},3$, maintenues pendant 2 heures dans une solution de chlorure de sodium pur de pH = 5,4, ont modifié comme suit le chiffre de la solution témoin avec la pourpre de bromo-crésol :

Numéro de l'échantillon.	Nature.	pH.
1..................	Aluminium	5,6
2..................	Alférium sans magnésium	6,0
3..................	Alférium sans manganèse	6,2
4..................	Alférium	6,5
5..................	Alférium	6,6
6..................	Alugir	6,8
7..................	Duralumin	6,9
8..................	Alférium	7,0

D'autre part, une série d'échantillons d'alliages au silicium, au manganèse et au magnésium se classent nettement dans l'ordre suivant d'attaquabilité croissante : manganèse 0,5 pour 100; silicium 1 pour 100; silicium 2 pour 100; silicium 4 pour 100; silicium 5 pour 100; manganèse 1 pour 100; manganèse 2 pour 100; manganèse 1,5 pour 100; magnésium 0,5 pour 100; magnésium 1 pour 100; magnésium 1,5 pour 100; magnésium 2 pour 100.

Le phénomène est complexe car interviennent à la fois l'action propre du métal et l'action de la couche formée à la surface par son produit d'altération.

L'utilisation de cette méthode permet de mettre en évidence d'une façon manifeste les points d'attaque que présentent divers échantillons et même de distinguer certaines différences dans le mode d'attaque.

Ces points se manifestent d'abord au sein du liquide par la formation de zones très colorées au contact de certaines parties du métal, alors que le restant du liquide a conservé la coloration de la solution témoin.

On peut stabiliser ces zones, ce qui en facilite l'examen, en opérant dans une solution de gélose dans l'eau bidistillée, qui est sans action sensible sur les indicateurs employés.

Mais on observe mieux encore ces points d'attaque en prolongeant l'action dans l'eau; on obtient alors des taches fortement colorées qui sont, toutes

choses égales d'ailleurs, de nombre, de dimension et d'aspects très variés suivant les métaux et suivant l'état de leur surface.

Le métal américain très pur à 99,8 n'est pas exempt de ces points de corrosion.

Il se révèle d'ailleurs plus attaquable que le métal industriel français ordinaire.

Nous avons examiné par ce procédé des éprouvettes de métal laminé, tout d'abord après un simple nettoyage à l'éther, puis après un décapage mécanique parfait produit par la méthode du sablage (projection de sable sous l'action d'un fort courant d'air). Il se produit une augmentation de l'action du métal sur l'eau bidistillée par ce décapage, avec le métal pur comme avec le métal industriel. Il n'en est pas ainsi avec certains alliages industriels.

Nous poursuivons cette étude en vue de déterminer si les différences d'action sur l'eau et les points d'attaque observés, même à la surface du métal très pur, correspondent bien à des différences de composition chimique ou à des traitements thermiques ou mécaniques auxquels auraient été soumis le métal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La transposition allylique et le mécanisme de l'éthérification.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Ch. Moureu.

La transposition allylique est l'une des plus simples parmi les transpositions α, γ dont j'ai exposé une théorie dans une récente Communication ([1]). Je n'en envisagerai ici qu'un cas particulier : l'ensemble des réactions monomoléculaires réversibles ou non :

$$(I)\quad R-CH=CH-CH^2X \rightleftharpoons R-CHX-CH=CH^2 \quad (II)$$

et des réactions bimoléculaires réversibles ou non :

$$(I)\quad R-CH=CH-CH^2X \rightleftharpoons R-CHY-CH=CH^2 \quad (II)$$

X et Y étant tous deux des radicaux négatifs, Y susceptible de remplacer X dans une réaction de double décomposition.

Des données de la littérature [indiquées par la lettre (α) et dont je ne puis ici donner les références] et de mes expériences personnelles (β), j'ai extrait les résultats ci-après relatifs aux conditions de la transposition allylique, susceptibles, pour la plupart, de généralisation.

1° En présence d'alumine, vers 350°, les alcools (II), c'est-à-dire

$$R - CHOH - CH = CH^2,$$

s'isomérisent partiellement en alcools (I) primaires (β).

2° En présence d'eau à 200°, le géraniol (I) s'isomérise en linalol (II) (α).

3° La déshydratation catalytique des alcools (I) et (II) conduit au même carbure; l'érythrène pour l'alcool crotylique et son isomère (β).

4° Le chlorure d'acétyle et l'anhydride acétique transforment les alcools (I) en acétines (I), les alcools (II) en acétines (II) (α).

5° L'éthérification des alcools (I) et (II) par l'acide chlorhydrique à froid donne lieu à une transposition partielle (α).

6° Les alcools de l'une ou l'autre forme se transforment, en présence des halogénures de phosphore, en l'éther halogéné (I) (α) (β).

7° Le passage à l'alcoolate de baryum et le retour à l'alcool sont normaux pour l'une et l'autre forme (β).

8° La saponification du bromure unique (I) par l'eau faiblement alcaline fournit un mélange d'alcools (I) et (II) (α) (β).

9° De l'action des acétates alcalins sur les éthers halogénés de formes (I) et (II) résulte uniquement l'acétine (I) (α) (β).

10° Le chlorure (II) s'isomérise totalement en chlorure (I) à 70° (α); les bromures (II) se transposent encore plus facilement (α) (β).

11° Les bromures (I) sont à peu près sans action sur la potasse sèche ou aqueuse concentrée et bouillante qui saponifie lentement (β); le bromure de crotyle, en présence de formiate de potassium sec, donne l'érythrène (α).

12° Sous l'action de l'éthylate de sodium ou de la potasse alcoolique, le bromure (I) fournit l'éthyline (I) avec très peu d'éthyline (II) (α) (β).

13° A 100° l'acide chlorhydrique aqueux dilué transforme le méthylvinylcarbinol en un mélange complexe dont on extrait : le chlorure (I), l'alcool (I), l'alcool (II) et les éthers oxydes (I, I) (I, II), et (II, II) (β).

De cette longue série de réactions, deux seulement sont normales à la fois sur les deux formes; ce sont les réactions 4° et 7°, et ce sont aussi les seules dans lesquelles l'ion tripolaire : $R - \overset{+}{C}H - \overset{-}{C}H - \overset{+}{C}H^2$, n'est pas nécessairement séparé. Toutes les autres détachent la substitution X du reste de la molécule, et sont anormales. C'est là la meilleure confirmation de la théorie de la synionie [1]. Devant le nombre des faits tous concordants, il ne paraît pas téméraire de conclure que, réciproquement, pour démontrer qu'une réaction ne sépare pas l'ion tripolaire, il suffit de vérifier qu'elle est normale sur les deux formes.

J'ai vu là un moyen d'attaquer le problème du mécanisme de l'éthérifica-

---

(1) Charles Prévost, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 132.

tion. L'équation classique de réaction :

$$\text{(III)} \quad (CH^3 - COO)(H) + (R)(OH) \rightleftharpoons (CH^3 - COO)(R) + (H)(OH)$$

qui en fait une réaction d'ions, détache nécessairement l'ion OH, donc l'ion R qui, dans le cas des alcools allyliques substitués, est précisément l'ion tripolaire. Elle implique donc une réaction anormale sur l'une des formes au moins.

Or, j'ai démontré expérimentalement que l'éthérification par l'acide acétique des alcools (I) et (II), et la saponification des acétines (I) et (II), sont l'une et l'autre rigoureusement normales, c'est-à-dire intéressent l'ion RO, comme les réactions normales 4° et 7°, et non l'ion R.

La réaction d'éthérification doit s'écrire globalement :

$$\text{(IV)} \quad (CH^3 - CO)(OH) + (RO)(H) \rightleftharpoons (CH^3 - CO)(OR) + (H)(OH).$$

Comme elle fait d'un acide organique une base, et d'un alcool un acide, elle semble paradoxale sous cette forme brutale. Nous la conserverons néanmoins, sans oublier qu'elle n'exprime pas d'autre fait que celui-ci : *la liaison* R-O *n'est pas rompue dans le cycle de réactions intermédiaires dont elle résume le bilan.*

Ce résultat est en parfait accord avec les faits publiés par MM. Williams et Truesdail [1], et, comme leur collègue M. W. H. Carothers [2], j'adopte volontiers le cycle ci-dessous, déjà proposé :

$$\text{(V)} \quad CH^3 - C\begin{smallmatrix}\diagup OH\\ = O\end{smallmatrix} + (RO)H \rightleftharpoons CH^3 - C\begin{smallmatrix}\diagup OH\\ - OH\\ \diagdown (OR)\end{smallmatrix} \rightleftharpoons CH^3 - C\begin{smallmatrix}= O\\ \diagdown (OR)\end{smallmatrix} + HOH$$

en très bon accord avec les degrés d'éthérification des trois classes d'alcools, et avec l'influence catalytique des ions H et OH.

Mais je pense qu'une équation analogue à l'équation (III) représente bien, dans certaines conditions tout au moins, l'éthérification par les acides minéraux, surtout celle des alcools tertiaires.

L'étude de l'acide trichloracétique, à la fois acide carboxylé et acide fort, que j'ai entreprise par la même méthode, a montré que cet acide éthérifie suivant l'équation (III), et que ses éthers sont saponifiés d'après l'équation (IV) ou (V) renversée. Cette dualité n'a rien qui doive surprendre, les deux phénomènes suivent l'un et l'autre celle, parmi les deux voies qui leur sont offertes, qui est le plus rapide.

---

(1) WILLIAMS et TRUESDAIL, *Jour. Am. Ch. Soc.*, 45, 1923, p. 1348.
(2) W. H. CAROTHERS, *Jour. Am. Ch. Soc.*, 46, 1924, p. 2226.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'heptadiine* 1.5 *et de l'octadiine* 2.6. Note de M. **Urion**, présentée par M. Moureu.

Ces carbures, qui n'étaient pas encore connus, ont été préparés en faisant agir le sulfate diméthylique sur le dérivé dimagnésien mixte du bipropargyle. Comme M. Lespieau l'a déjà observé, ce dimagnésien réagit en partie par ses deux extrémités, en partie par une seule, en sorte qu'on obtient ici à la fois les deux carbures suivants :

$$CH \equiv C - CH^2 - CH^2 - C \equiv C - CH^3, \qquad CH^3 - C \equiv C - CH^2 - CH^2 - C \equiv C - CH^3.$$

Le premier, l'heptadiine 1.5 bout à 26°-27° sous 30mm. Il précipite en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal, en blanc le nitrate d'argent alcoolique. Dans ce dernier précipité, on a trouvé 58,28 pour 100 d'argent, la formule C^7H^7Ag, NO^3Ag veut 58,53. Dans ce carbure on a trouvé l'hydrogène et le carbone dans le rapport 10,61 très voisin du rapport théorique, mais soit qu'un peu de carbure se soit volatilisé avant l'introduction dans le tube à combustion, soit que le carbure utilisé ait absorbé un peu d'oxygène, ce qui est fréquent quand on ne brûle pas ces corps de suite, il manquait environ $\frac{1}{80}$ des deux éléments. La réfraction moléculaire a été trouvée 30,65, théorie 30,55, avec à 21° : densité 0.810, indice 1,4521. Une cryoscopie acétique a indiqué un poids moléculaire de 95 au lieu de 92.

Le second carbure, l'octadiine 2.6 bout à 62° sous 19mm, à 55° sous 13mm. Il fond à 26°,5-27°. Sa réfraction moléculaire a été trouvée 35,44, théorie 35,15, avec à 30° : densité 0.828 et indice 1,4658. Une cryoscopie acétique a indiqué un poids moléculaire de 109 au lieu de 106. On y a trouvé 9,65 d'hydrogène et 88,37 de carbone pour 100.

La matière première qui a servi à la fabrication du bipropargyle utilisé était un mélange de tétrabromures de biallyle que m'avait donné M. Lespieau. En cours de route il m'avait demandé de voir si l'on pourrait retrouver un dibromobiallyle signalé par L. Henry, comme provenant de l'attaque du tétrabromure par la potasse, ainsi qu'un hexabromure provenant de la fixation de brome sur le dibromure précédent [1]. Ce dibromure bouillait à 205-210° et l'hexabromure fondait à 76°-77°. Depuis Henry, il n'est plus fait mention de ces corps dans la littérature, et même ils ont disparu dans la dernière édition du Beilstein.

Afin d'avoir une action régulière, ce qui est difficile avec la potasse, j'ai remplacé celle-ci par l'éthylate de sodium en quantité voulue, en présence d'un excès d'alcool. Le mélange de tétrabromures a donné ainsi avec un

(1) *Ber. D. Ges.*, 6, 1873, p. 956; 7, 1874, p. 23.

rendement de 43 pour 100 un liquide répondant à la composition $C^6H^8Br^2$, mais qui passait de 85° à 94° sous 21^{mm}. Ce liquide ne précipitait pas le chlorure cuivreux ammoniacal. Lors de sa redistillation, il n'a pas été possible de trouver de palier, on s'est donc borné à séparer deux fractions, une bouillant à 85°-89°, l'autre à 89°-94°, toujours sous 21^{mm}. Voici les données respectives : A 21°, densités 1,646 et 1,663; indices 1,5231 et 1.5253; réfractions moléculaires, 44,54 et 44,21; brome pour 100, 66,27 et 66,61. Ces nombres très voisins et proches des théoriques établissent que l'on est en présence d'un mélange d'isomères $C^6H^8Br^2$ (on en conçoit ici trois sans faire appel à la stéréochimie).

La portion 85°-89° fixe le brome moins facilement que l'autre, mais dans les deux cas, le seul composé cristallisé obtenu est un hexabromure $C^6H^8Br^6$ fondant à 93°,5-94°. Les mesures ont assigné aux deux échantillons obtenus le même point de fusion, seuls ou mélangés, le même poids moléculaire (560 et 555 par cryoscopie acétique) et la même teneur en brome 85,33 et 85,47 pour 100.

Le composé de L. Henry n'a pu être retrouvé.

Les deux portions 85°-89° et 89°-94° dont il vient d'être question donnent du bipropargyle quand on les attaque par la potasse.

GÉOLOGIE. — *Sur la région montagneuse comprise entre Priego et Cabra (Andalousie).* Note de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Pierre Termier.

La zone déprimée tertiaire de basse Andalousie, appelée par M. R. Staub [1] *zone du Flysch*, est dominée, au sud de la voie ferrée Cabra-Jaen, par les imposantes masses rocheuses qui, de la Sierra de Cabra à l'est de Luque, constituent le front d'un massif calcaire très découpé, étendu au Sud jusque près de Rute. Entouré à l'Ouest, pénétré au Centre et au Sud par des affleurements de Crétacé et de Tertiaire, il a suggéré à M. Staub l'impression que cette région était pays de nappes.

Un premier examen m'a permis d'observer que ce front nord, malgré son aspect abrupt, paraît correspondre à la plongée rapide des calcaires jurassiques qui le constituent, sous le Crétacé et le Tertiaire qui sont au Nord.

---

(1) R. Staub, *Gedanken zur Tektonik Spaniens* (*Vierteljahresschrift der Naturf. Gesellschaft in Zurich*, 71, 1926, p. 196-201).

La route de Dona Mencia à Luque coupe deux éperons dont la terminaison périclinale montre le Jurassique couvert de sa carapace de Tithonique qui, pendant au Nord, s'enfonce sous le Crétacé. L'aspect est moins net entre Zuheros et le kilomètre 18 de la route de Cabra, mais, à ce dernier point, réapparaît le dispositif périclinal rapide, faisant plonger, sous le Crétacé, le Tithonique enveloppant le massif. Ce même Jurassique couvert du Tithonique et du Néocomien plonge au Sud dans le couloir orienté à peu près Ouest-Est que suit la route de Cabra à Carcabuey. M. J. Carandell, dans une Note sous presse (*Boletin Real Soc. Española de Historia Natural*, 1927), admet que cette grande voûte de la Sierra de Cabra affecte un pli couché dont le flanc renversé apparaît en fenêtre dans la zone crétacée de Viñuela parcourue par le chemin de Nª Sª de la Sierra. En tout cas, la couverture normale de Tithonique et de Crétacé de l'ensemble supporte des éléments en recouvrement.

Le haut cours du Rio Bailon, le col de Navazuelo, le ravin descendant de ce col vers les lacets de la route de Cabra, montrent, sur le Jurassique, des grès à Foraminifères d'aspect miocène qui se poursuivent par le bas du ravin emprunté par la route de Cabra, où ils reposent sur le Crétacé. Au sud du kilomètre 21, j'y ai recueilli des Pectens. Or ce Miocène supporte un nouvel ensemble dont la base, formée de dolomies triasiques ou liasiques, admet localement du Keuper, et qui constitue le massif de Lobatejo à l'Est, les Cerros de Jarcas au Sud. Six kilomètres au sud-est de Cabra, l'éperon dolomitique et gypseux de la Casilla de Buenavista forme l'extrémité ouest du Massif en recouvrement; mais il se peut que le Keuper affleurant entre la route de Cabra et la voie ferrée, et même celui dont, aux portes de Cabra, la position au voisinage du Crétacé semble anormale, fassent partie de la masse charriée, comme le témoin dolomitique et le Keuper du sommet de Nª Sª de la Sierra de Cabra.

Au Sud, la Sª de Gaena paraît appartenir à la carapace tithonique de la série inférieure. A l'Est, le Crétacé est plus étendu, surtout dans des dépressions, en contact avec le Keuper par superposition tantôt normale tantôt anormale. Des massifs calcaires et dolomitiques élevés dominent ces dépressions : le Gallinera, la Sª de Jaula, la Sª Horconera, dont un contrefort s'étend au Sud-Ouest jusqu'à Rute, enfin, au sud-est de Friego, la Sª del Cantinero.

D'après les contours géologiques relevés, ces massifs paraissent reposer sur le Crétacé souvent par l'intermédiaire de dolomies et de Keuper. Tel est sans doute le cas pour la Sª de Jaula. Mais le Puerto Escaño montre des

calcaires très redressés, disposés à peu près périclinalement vers l'Est et le Sud, dont la couverture tithonique paraît s'enfoncer sous le Crétacé affleurant à son pied. La Sa Horconera est divisée en trois masses par des imbrications pendant à l'Est-Sud-Est qui la font traverser par deux bandes de Néocomien et de Tithonique (Puertos del Cerezo et Mahina). La disposition du Jurassique et des dolomies à la périphérie de la montagne ne permet pas encore d'affirmer que tout le massif est charrié, bien que ce soit fort probable.

Entre Priego et la Sa Alcaide, puis vers Almedinilla, les marnes du Keuper sont en contact direct et toujours ambigu avec celles du Crétacé. Au pied même de la Sa Alcaide, la base du Jurassique repose sur le Keuper qui s'étend largement vers le Nord, forme en partie le soubassement des chaînons au sud-est de Luque, et atteint Alcaudete où R. Douvillé a montré qu'il supporte normalement la masse de l'Ahillo.

Mais ce Keuper, crevé par le Rio Salado 1km au nord-ouest de Zamoranos, laisse voir, grâce à un bombement anticlinal de la dolomie qui supporte ici les marnes irisées, une petite fenêtre de marnes gréseuses du Nummulitique ou du Crétacé.

En résumé, le dôme [peut-être carapace d'un pli couché] de la Sa de Cabra s'ennoie au Nord et à l'Ouest. Sa couverture supporte à l'Est (Lobatejo) et au Sud (Cerros de Jarcas) des masses en recouvrement très complexes auxquelles semble se rattacher la Sa Alcaide, dont le Keuper de base s'étend largement vers Alcaudete mais ne doit pas être en place.

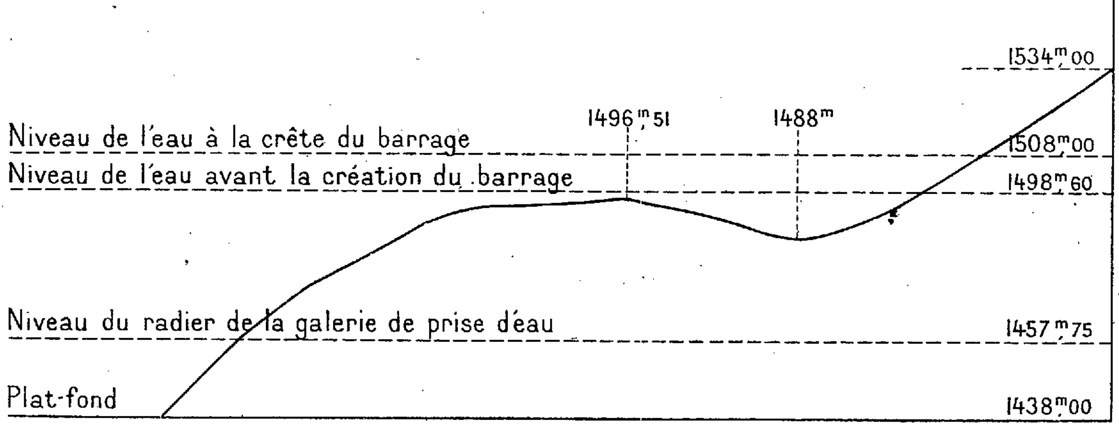
Le contact toujours étrange du Crétacé et du Keuper ne serait pas normal et ses particularités et intrications résulteraient du chevauchement des marnes plastiques du Crétacé par la masse plastique du Keuper.

Vers le Sud, c'est aux digitations ou imbrications de cette masse charriée supérieure que se rattacheraient la Sa de Jaula, la Sa Horconera et peut-être enfin, 15km au Sud-Ouest, la Sa de Araceli qui domine de sa masse dolomitique isolée la vaste dépression de Tertiaire et de Crétacé, plaquée de Quaternaire, du Rio Genil, avec toutes les apparences d'une Klippe.

GÉOLOGIE. — *Sur une forme particulière de comblement dans quelques lacs de haute montagne.* Note de M. L. **Gaurier**, présentée par M. Pierre Termier.

Le fond des lacs ne peut généralement être étudié que par des sondages. Mais, depuis quelques années, un certain nombre de lacs pyrénéens ont été aménagés en réservoirs pour les besoins de l'industrie hydro-électrique, et quand leur niveau est abaissé notablement, il devient possible de parcourir la partie du fond mise à découvert et d'y faire des observations directes.

La présente Note concerne les cônes de déjection formés dans certains lacs très encaissés, au débouché des couloirs d'avalanche.



Coupe du cône de déjection de la rive ouest du lac d'Oo. Échelle : $\frac{1}{2000}$

Quand un couloir rocheux, à pente redressée, atteint la rive même d'un lac, les avalanches qu'il canalise s'entassent à son pied sous la forme d'un « cône neigeux, à axe oblique, dont le sommet s'appuie directement sur le flanc de la montagne et dont la base s'étale en *demi-cercle* sur le plan de surface des eaux solidifiées » (Belloc). Les blocs et les cailloux entraînés par la neige s'accumulent en grand nombre à la base de ce cône, en la bordant d'une ceinture rocheuse sur la glace du lac. Lorsque celle-ci vient à fondre, ces blocs coulent à pic, et forment par conséquent au fond de l'eau un bourrelet semi-circulaire. Entre ce bourrelet et la rive existe désormais une dépression en forme de cuvette.

Le même phénomène, renouvelé chaque année, accroît cette digue immergée; elle finit par atteindre la surface de l'eau, et même par la dépasser. La dépression, au contraire toujours préservée par la masse neigeuse de l'avalanche, ne se comble que très lentement.

Une fois que ce talus a dépassé le niveau de l'eau, il peut être assez résistant pour empêcher dorénavant les avalanches de s'étendre plus loin à la surface du lac glacé. Il y aura donc un arrêt dans la marche du cône vers le milieu du lac : les débris rocheux s'entasseront non plus sur la crête du bourrelet et sur son talus extérieur, mais sur sa face amont, et ils tendront ainsi à combler uniquement la cuvette intérieure. C'est le cas depuis une trentaine d'années où l'enneigement est très faible. De 1893 à 1925, en trente-trois ans, la crête du talus de la rive gauche du lac d'Oo ne s'est exhaussée que de $0^m,20$, tandis que le fond de la cuvette est remonté de $1^m,40$. Même si les prochaines années amenaient un enneigement considérable, cette différence de niveau persisterait parce que depuis le percement d'une galerie de vidange, en août 1921, le niveau de l'eau étant sans cesse modifié pour les besoins des usines, la glace hivernale, constamment brisée, n'acquiert plus une grande épaisseur. Elle cède donc immédiatement sous le poids de l'avalanche, et les apports de celle-ci coulent au ras de la rive, au lieu de s'étaler comme autrefois sur une nappe de glace solide.

Mais quel que soit l'endroit du talus où s'arrêtent actuellement les éboulis amenés par les avalanches annuelles, il serait intéressant de surveiller leur progression. C'est d'autant plus souhaitable ici que le lac d'Oo est le régulateur d'usines très importantes et qu'il a deux cônes de déjection s'avançant l'un vers l'autre précisément dans la zone où s'ouvre la galerie de prise d'eau. A 50^m de profondeur, point extrême où ils puissent être exondés, chacun d'eux est découvert sur 3^{ha}; l'un s'éloigne de 130^m de la rive est, l'autre de 173^m de la rive ouest. Ils ont donc gagné, à ce niveau, 6^{ha} sur la surface du lac et 303^m sur sa largeur. A 20^m plus bas sous les eaux (car les sondages révèlent qu'ils atteignent le plat-fond du lac à 70^m de profondeur), ils ne sont plus qu'à 140^m l'un de l'autre. Ils sont donc appelés à se rejoindre, dans un avenir très éloigné évidemment. Ils constitueront alors une digue sous-lacustre séparant le fond en deux cuvettes, comme je l'ai constaté dans d'autres lacs plus petits et parvenus à un stade plus avancé de comblement.

HYDROGÉOLOGIE. — *Sur l'origine de la radioactivité des sources de Bagnères-de-Luchon.* Note [1] de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

1. La détermination *simultanée* de la sulfuration et de la radioactivité des quarante-huit sources des groupes du Sud de Bagnères-de-Luchon (septembre 1926, août-septembre 1927) nous a permis de généraliser et de préciser la relation mise en évidence au cours de recherches précédentes moins étendues et moins systématiques [2].

Les résultats numériques de nos expériences sont résumés par le diagramme suivant, où, pour chaque source, l'abscisse représente la sulfuration (milligrammes de S oxydable par litre) et l'ordonnée, la radioactivité (millimicrocuries de radon par litre, à l'émergence).

Sauf six exceptions, expliquées plus loin, tous les points représentatifs sont contenus dans le triangle ABC : *a*. La singulière concentration des points vers le sommet B, au fur et à mesure que la sulfuration augmente, prouve nettement que, *pour toutes les sources du Sud, la radioactivité varie en sens inverse de la sulfuration; b*. La distribution des sources sur un faisceau de droites concourantes montre que *tout se passe comme si les eaux des divers griffons provenaient d'une eau profonde unique, très sulfurée et très peu radioactive* ($40^{mg},6$ de S, 2 millimicrocuries de radon), *à laquelle se mélangent des eaux superficielles non sulfurées et diversement radioactives* (16 à 52 millimicrocuries) [3]. En fait il est peu probable que l'ensemble de ces sources dérive d'une seule veine profonde, mais il ressort des résultats ci-dessus que les filons sulfurés originels qui donnent naissance à la gamme si variée des sources du Sud présentent une étroite analogie chimique et sont peu radioactifs.

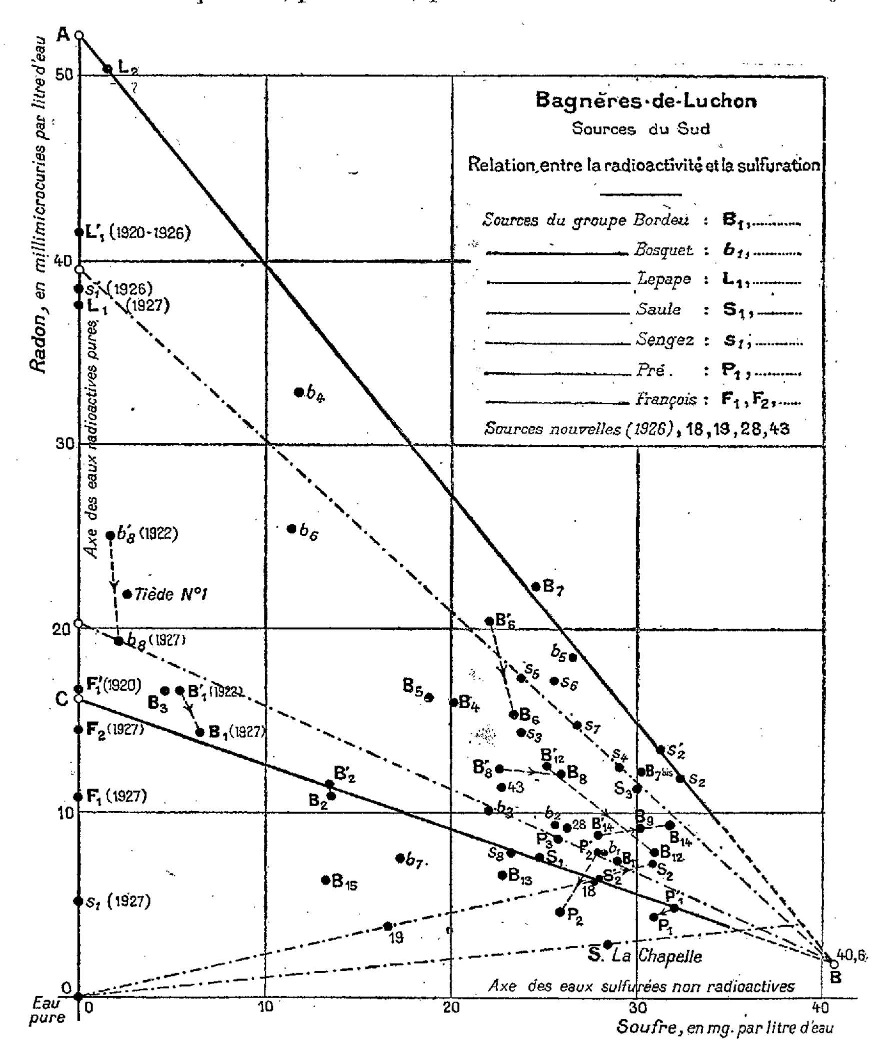
2. Six sources, toutes situées au-dessous de la droite BC du diagramme, ne suivent pas la loi précédente. La source Bosquet n° 7 (b_7) est la seule

(1) Séance du 28 novembre 1927.

(2) A. Lepape, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1908.

(3) En dehors des eaux non sulfurées riches en radon (maximum : source Lepape n° 2, 50,2 millimicrocuries) rencontrées dans les galeries de captage de Luchon (axe des ordonnées du diagramme), les sources sauvages de la montagne de Superbagnères sont notablement radioactives, ainsi que nous l'avons effectivement établi (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 112).

des sources du Sud qui émerge des schistes siluriens, au lieu du granite ([1]). Les bassins de captage de Bordeu nos 13 et 15 recueillent des eaux s'écoulant à l'air libre et qui ont, par suite, perdu du radon et du soufre oxydable.



Le griffon n° 19 est très proche du n° 18; or la droite qui joint les points représentatifs de ces deux sources passe par l'origine (eau pure), la première ne serait donc qu'une dérivation de la seconde mélangée à de l'eau superfi-

([1]) Suivant le mécanisme que nous avons admis antérieurement, l'imperméabilité des bancs de schistes s'oppose au mélange des eaux descendantes radioactives et des eaux ascendantes sulfurées, alors que la fissuration des massifs granitiques favorise ce mélange.

cielle non radioactive. Le même mécanisme doit intervenir pour la source La Chapelle, qui sourd au milieu d'éboulis superficiels perméables. La source Pré n° 2 (P_2) était normale en 1926 (P'_2), avant d'importants travaux effectués dans les galeries de captage dans son voisinage immédiat; le déplacement de son point représentatif résulte probablement d'infiltrations récentes moins sulfurées et moins radioactives que l'ancienne source.

3. Plusieurs sources ont fait l'objet de mesures à deux époques différentes (1922 et 1927, 1926 et 1927) (points représentatifs réunis par une ligne interrompue), les variations observées pourraient être interprétées comme ci-dessus.

4. Les eaux superficielles fortement radioactives sont aérées, leur mélange à l'eau sulfurée profonde doit donc provoquer une oxydation du soufre de celle-ci d'autant plus importante que la proportion d'eau météorique est plus élevée. Le dosage des hyposulfites et des sulfates dans les eaux des sources, particulièrement dans celles dont les points figuratifs sont situés sur une même droite du faisceau concourant (AB, CB, etc.), apporterait de nouvelles données dont l'analyse permettrait d'intéressantes conclusions.

5. Ce mode de comparaison des sources d'une même aire hydrominérale ou d'une même source à des époques différentes, qui consiste à représenter les variations, l'une en fonction de l'autre, de deux des données relatives à l'eau minérale convenablement choisies (constituants chimiques simples tels que radon, chlore, soufre, arsenic, sodium, fer, etc., plutôt que propriété complexe telle que température ou résistivité électrique) pourrait être utilement généralisé, car il paraît susceptible de fournir des renseignements fructueux concernant la cause des modifications des sources dans le temps ou dans l'espace ou l'origine de l'eau minérale elle-même.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les expéditions au Groenland de l'Université de Michigan.* Note de M. **William Herbert Hobbs.**

Les expéditions au Groenland de l'Université de Michigan ont été poursuivies pendant les étés de 1926 et 1927. Elles seront continuées pendant l'hiver et jusqu'à l'automne de 1928. Les travaux ont pour but d'étendre notre connaissance de l'anticyclone glacial [1].

[1] J'ai brièvement parlé de la nature de l'anticyclone glacial terrestre, à l'Académie, il y a deux ans (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 289-290) et depuis, plus longuement, dans une monographie publiée par la Bibliothèque de l'Université de Michigan (*The Glacial Anticyclones*, etc., *Univ. of Mich. Studies, Sci. Ser.*, 4, 1926, p. 198).

L'expédition préliminaire de 1926, comme celle de cette année, s'est poursuivie dans l'hinterland du district de Holstenborg du Groenland sud-ouest avec l'appui de l'autorité pour les études aérologiques. Quatre-vingt-dix ascensions concluantes de ballons-pilotes furent faites à la base principale de l'expédition du fiord Maligiak. En plus, trois furent faites sur le bord du glacier à cent milles vers l'Est, et deux au-dessus du glacier lui-même. Ces dernières, suivies avec le théodolite aux altitudes de 2000^{m} seulement, furent les premières faites au-dessus du glacier aussi bien dans les régions arctiques qu'antarctiques. De même, les premières ascensions de ballons-enregistreurs libres faites au Groenland furent accomplies en utilisant le météorographe de Fergusson et le « deflating device » de Rossby qui assuraient l'exactitude des données de pression, de température et d'humidité de l'air. Trois ascensions semblables furent accomplies, l'une d'elles à l'altitude de 5500^{m}.

L'expédition de 1927-1928 a pour but principal d'établir des stations météorologiques et aérologiques d'observations continues. La station principale a été installée dans une cabane sur le sommet arrondi d'une montagne de 393^{m} de hauteur que nous avons appelée Mont Evans. Cet endroit est particulièrement favorable, situé sous le cercle arctique et près de la nouvelle base principale de l'expédition à l'ouverture du Söndre Strömfjord, à 180^{km} de la mer et à 33^{km} du bord du glacier. Pour les deux expéditions, les instruments ont été en grande partie prêtés par le Dr Marvin, directeur du U. S. Weather Bureau de Washington, et les travaux aérologiques de cette saison ont été à la charge de M. Clarence R. Kallquist du service aérologique de ce Bureau. La puissante radiostation à ondes courtes a été confiée à P. C. Oscanyan, Jr. mais, n'entra en opération qu'au mois de septembre. La station est munie aussi d'un récepteur à ondes longues, et l'expérience, à notre station du Groenland, montre que les conditions favorisent l'usage des ondes d'une longueur d'au moins 600^{m}.

Depuis le 20 juillet 1927, la station météorologique du Mont Evans a été en pleine activité avec ascension quotidienne de pilote.

La durée moyenne des courses de ballons a été de 50 minutes et la distance moyenne de 30000^{m}. La station paraît être dominée, presque uniformément, par l'anticyclone glacial, vents du quadrant-est (vents descendant du glacier) généralement au-dessus de 100^{m}, où ils sont remplacés par les vents d'Ouest. Le 9 septembre, une ascension de ballon captif à vol libre fut faite à une hauteur de 1200^{m}.

Un groupe conduit par le Directeur fit une expédition de 21 jours au

glacier et le 23 août lança des ballons de sa surface, comme cela avait déjà été fait l'année précédente.

Deux membres de l'expédition, M. Helge Bangsted et le Dr J. E. Church Jr., se préparent à passer, si possible, trois mois d'hiver, aussi loin qu'ils le pourront, à l'intérieur d'une cave de neige du glacier, et à réaliser là des études météorologiques, particulièrement au point de vue des neiges, pour comparer avec les observations faites simultanément à la station du Mont Evans et à une station météorologique secondaire de l'expédition déjà en fonction à Holstensborg, au-dessus de la côte.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de l'appareil sécréteur chez diverses plantes greffées.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La nature et les dispositions de l'appareil sécréteur ont été considérées comme des caractères fixes, susceptibles d'être utilisés en classification. Il était intéressant de chercher si le greffage modifie ce système comme il le fait en certains cas pour les caractères morphologiques, chimiques ou physiologiques. A ce point de vue, j'ai étudié quelques greffes d'Euphorbiacées, de Conifères et de Composées.

Les lacticifères des Euphorbiacées présentent des dispositions bien connues grâce aux recherches classiques de Chauveaud. Dans cette famille j'ai étudié des parabioses effectuées entre pieds différents, soit d'*Euphorbia helioscopia*, soit d'*Euphorbia Esula*. Les tiges, entaillées assez profondément dans la moelle s'unissent à la fois par un callus cambial et des productions libéroligneuses d'origine médullaire. Dans l'une des parabioses, j'ai observé un massif central de méristème médullaire (racine ou bourgeon réparateur) dans lequel s'était différencié un laticifère. A l'extérieur de l'assise cambiale se voyaient également quelques laticifères cicatriciels. Je n'ai observé aucune fusion, aucune anastomose ou raccord oblique entre ces éléments nouveaux et les anciens.

D'après Van Tieghem, chez les Conifères, le genre *Abies* est caractérisé par la présence de canaux sécréteurs peu nombreux, exclusivement répartis dans l'écorce, quand le genre *Picea* en possède un grand nombre situés à la fois dans l'écorce et le bois. Dans des greffes d'*Abies pungens* et d'*Abies Weitchii* sur *Picea excelsa*, j'ai constaté au niveau du bourrelet et au-dessus, que les canaux sécréteurs des épibiotes avaient augmenté en nombre et

qu'ils existaient à la fois dans l'écorce et le bois comme chez l'hypobiote. Le *Picea* avait donc transmis son caractère spécifique aux *Abies*.

Chez les Composées, j'ai plus particulièrement examiné des dibioses entre le Topinambour et quelques Hélianthées voisines. Ces sortes de greffes, faciles à réussir, se développent très inégalement en général suivant les exemplaires et les espèces associées. Dans les dibioses de Soleil sur Topinambour, celui-ci conserve sensiblement le nombre et la disposition en rangées peu nombreuses de son appareil sécréteur, sauf dans les parties cicatricielles où les canaux deviennent contournés. Chez le Soleil épibiote, non seulement ceux-ci augmentent en nombre, mais aussi le nombre des rangées libériennes qui est alors de 4 à 5 au lieu de 1 à 3 comme dans le type normal de même âge et de même vigueur.

Ces variations sont beaucoup plus accentuées encore dans les hyperbioses de Topinambour et de *Silphium*, au moment où l'hyperbiote Topinambour devient rouge violacé et tuberculeux, emmagasine de l'inuline en contact avec la chlorophylle derrière l'écran coloré et contient à la fois de l'inuline et de l'amidon dans son endoderme qui reste fortement plissé pendant toute la durée de la greffe. Les rangées de canaux sécréteurs, très nombreux dans chacune d'elles, sont au nombre de 5 à 7, qu'il s'agisse du callus cambial ou des tissus libéroligneux provenant des méristèmes médullaires. Au lieu de rester isolés en général comme dans les parties normales, les canaux sécréteurs libériens se groupent en amas de nombre variable dans les parties cicatricielles et prennent une forme irrégulière, contournée, qui rappelle la disposition des trachéides voisines. Parfois deux ou plusieurs tubes s'unissent pour n'en plus former qu'un seul à lumen applati. Quelques-uns se raccordent obliquement soit entre eux, soit entre les canaux sécréteurs des régions normales de l'épibiote et de l'hypobiote. Partout le contenu en oléorésine est beaucoup plus volumineux que chez les plantes normales correspondantes et la plupart des tubes présentent des gouttelettes huileuses distinctes.

J'ai constaté que, dans les formations cicatricielles cambiales ou médullaires correspondant à de futurs tissus libéroligneux, ce sont les laticifères et les canaux sécréteurs qui se différencient les premiers, comme l'a indiqué Van Tieghem chez les végétaux non greffés.

De ces faits, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Chez certains Conifères et Composées greffées, l'appareil sécréteur subit des modifications dans le nombre et la répartition de ses éléments ainsi que dans la quantité relative des produits excrétés; celle-ci augmente,

ce qui est une preuve de plus du changement du chimisme des associés. La transmission des caractères du *Picea* aux *Abies* constitue un exemple très net de l'influence spécifique de l'hypobiote sur l'épibiote;

2° Les canaux sécréteurs cicatriciels des Hélianthées peuvent se raccorder obliquement entre eux et aux éléments anciens des parties normales des associés, ce qui n'a pas lieu pour les laticifères cicatriciels des *Euphorbia* que j'ai étudiés. Enfin ces derniers et les canaux sécréteurs cicatriciels apparaissent les premiers comme dans les méristèmes d'origine normale.

ALGOLOGIE. — *Observations morphogéniques sur le* Caulerpa prolifera *de la baie de Villefranche-sur-Mer.* Note (1) de M. **R. Dostal.**

Dans le port de la Darse où le *Caulerpa prolifera* croît, dans la baie de Villefranche, le plus abondamment, on peut distinguer deux formes de croissance de cette Algue; l'une couvrant le fond en touffes épaisses, caractérisée par de courts stolons qui se ramifient souvent en formant des sympodes richement enracinés dans la vase, et portent des frondes avec de nombreuses prolifications étroites, ondulées ou spiralées qui ressemblent à celles de la f. *zosterifolia* décrite par Borgesen (2) pour les Indes Occidentales. L'autre forme, qui occupe les murs surtout à l'entrée de ce port, souvent exposée à des mouvements de l'eau, offre de longs stolons de 20-60^{cm}, rarement ramifiés et portant des frondes simples ou à prolifications assez rares, qui éclatent de la base des frondes. Par la forme ovale des frondes elle correspond à la f. *obovata* Agardh. Il n'est pas difficile de produire la transformation de ces formes de l'une à l'autre. Des plantes prises de la vase, cultivées dans l'eau — au-dessus de ce milieu très favorable au développement des rhizoïdes et des frondes — poussent des stolons allongés ramifiés peu ou pas et ne formant des frondes qu'à de longs intervalles, tandis que la seconde forme, cultivée dans la vase, arrête bientôt l'accroissement de ses stolons et pousse de nombreuses prolifications foliaires. Les différences des corrélations entre les organes, provoquées par la nutrition, en sont la cause.

C'est surtout la forme provenant de la vase qui se transforme à la fin de l'hiver, çà et là, en la f. *dichotoma* à prolifications très étroites et dichoto-

(1) Séance du 28 novembre 1927.

(2) *Mém. Acad. Roy. Danemark*, 7e série, 4, 1907, p. 361

miques, d'une largeur de $0^{mm},5$-2^{mm}. La f. *dichotoma*, obtenue par Janse (1) dans les cultures des frondes isolées, apparaît aussi dans la nature comme forme hivernale, provoquée par les conditions externes de l'accroissement prématuré des plantes, encore très riches en substances de réserve.

Parmi les plantes de dimensions ordinaires, on trouve quelquefois des exemplaires très minimes, consistant en stolons très minces souvent d'un diamètre de $0^{mm},17$ et d'une longueur variable, et de frondes simples ou proliférant rarement, longues de 4^{mm} et larges de $0^{mm},8$. Dans beaucoup de cas, on voit ces formes naines s'insérer à de tout petits débris de stolons ou de frondes provenant de plantes grandes. Il s'ensuit que le manque des substances assimilées provoque ces formes minimes, ce que l'on peut prouver expérimentalement sur de petits morceaux de stolons ou des parties basilaires de frondes isolées. M. G. Ollivier a trouvé même les endroits, où cette forme minime croît exclusivement, ou au moins prédomine sur la forme grande, laquelle présente, à cause de sa consistance de frondes plus dure, l'aspect de la f. *firma* Kützing. Ces endroits sont situés du côté opposé de la baie où la forme minime croît même à 5-10^{cm} de profondeur, dans les couches touffues d'autres Algues (surtout *Corallina*, *Laurencia* et *Padina*) couvrant les rochers dont saillent seules les parties supérieures de frondes incessamment agitées par les vagues. C'est pour cette raison que les portions apicales de stolons perdent parfois leur croissance dorsiventrale, s'élèvent et se ramifient en forme de *Bryopsis*, n'évoluant que des frondes filamenteuses. De même, les prairies de *Posidonia* entre la Pointe Grassuet et Passable présentent cette forme minime à une profondeur de plus de 2^{m}. Dans les cultures expérimentales, ces plantes naines ont trahi une résistance surprenante contre l'eau courante et d'autres agents nocifs pour les formes grandes, desquelles, surtout de celles de mur, elles ne diffèrent pas au point de vue morphologique et anatomique. Il s'agit dans ce cas des formes encore beaucoup plus petites qu'est le *Caulerpa parvifolia* Harvey, la plus petite espèce de la même section *Phyllanthoideæ* connue de la Nouvelle Hollande, de laquelle la forme minime de Villefranche, à mon avis, n'offre pas de différences essentielles. C'est en vain que j'ai cherché jusqu'ici, dans le riche matériel récolté, des traces de débris des plantes grandes à la base de fins stolons, l'origine de ces plantes remontant sans doute déjà à plusieurs années. Mais on pourrait admettre que ces plantes sont issues, au moins en partie, de spores formées jadis.

(1) *Jahrb. f. wiss. Bot.*, **21**, 1889, p. 168.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la défloculation et la plasmolyse des enduits terreux.* Note (¹) de MM. **J. Dumont** et **B. Ganossis**, présentée par M. P. Sabatier.

Voici déjà une trentaine d'années que l'un de nous a signalé l'action qu'exercent les hydrates et les carbonates alcalins sur la *perméabilité* des terres arables, ainsi que sur l'augmentation du taux d'argile (²). Nous avons repris cette intéressante question en nous plaçant à un point de vue quelque peu différent. On sait que, dans un sol normalement constitué, les particules sableuses et sablonneuses sont entourées d'un *enduit de revêtement* limono-colloïdal (³) d'une épaisseur variable, mais souvent supérieure à plusieurs millièmes de millimètre; le volume du même enduit pouvant varier du simple au triple, suivant son degré de *turgescence* ou de *plasmolyse*, il y a lieu de se demander dans quelle mesure les *ions alcalins*, — qui sont peptisants aux faibles doses, — agissent sur la *déplasmolyse* puis sur la *défloculation* des enduits terreux pour modifier très sensiblement les rapports du sol avec l'eau.

Pour le savoir, nous avons étudié les vitesses d'écoulement de l'eau pure ou additionnée de sels divers (solutions décinormales) au travers d'une terre de Grignon — cultivée sans engrais depuis 1875 — préalablement séchée à l'air, puis tamisée, et placée dans un manchon de verre, sous une épaisseur de $16^{cm},5$. La distribution de l'eau étant faite à pression constante, — sur la terre recouverte d'un filtre rond, — on recevait les liquides d'écoulement dans un récipient placé sur le plateau d'une balance munie d'un appareil enregistreur (évaporomètre-balance fonctionnant comme pluviomètre). Ce disposif expérimental nous a permis d'établir des courbes de facile interprétation et au moyen desquelles nous avons pu déterminer les vitesses horaires d'écoulement de jour ou de nuit.

Dans chaque expérience, avant l'application des solutions salines, on faisait passer de l'eau distillée sur les terres pendant 24 ou 36 heures, afin de produire un tassement uniforme. Cela fait, on en mesurait la hauteur avec la plus grande exactitude; la moyenne de ces mensurations fait ressortir des différences comprises entre 3 et 3,5 pour 100. Même après huit jours

---

(¹) Séance du 21 novembre 1927.

(²) J. Dumont *De l'emploi rationnel des engrais* (1899).

(³) *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 1087.

d'arrosage régulier et continu, la hauteur des terres en expérience n'était pas inférieure à 16^{cm}. Il n'y avait donc pas eu effondrement, ni dislocation des agrégats; la *texture est demeurée constante*, apparemment, *en ses parties essentielles*.

Voici les résultats moyens obtenus avec l'eau, les carbonates alcalins et le chlorure de calcium (solutions décinormales); les *vitesses horaires* ont été calculées toutes les sept heures, jusqu'au troisième jour, puis toutes les dix heures; elles sont exprimées en centimètres cubes :

	Volume d'eau écoulé par heure (en cm^3).				
		Carbonates alcalins 0,1 N.			
	Eau distillée.	CO^3Am^2.	CO^3K^2.	CO^3Na^2.	Chlorure de calcium.
De 0^h à 7^h	14,0	13,0	14,9	11,0	»
De 7 à 14	12,3	12,3	15,2	10,0	»
De 14 à 21	10,7	»	14,8	2,7	»
De 21 à 28	10,6	9,9	13,5	1,3	»
De 28 à 35	10,5	»	»	0,9	»
De 35 à 42	15,5	7,4	12,4	0,1	»
De 42 à 49	9,9	5,6	»	0,0	1,2
De 50 à 60	»	»	8,0	0,0	»
De 60 à 70	»	2,0	»	0,0	2,1
De 70 à 80	»	0,5	2,5	»	3,0
De 80 à 90	»	»	»	»	4,2
De 90 à 100	»	»	4,8	»	7,3
De 100 à 110	»	»	5,6	»	8,4
De 110 à 120	»	»	7,8	»	9,5
De 120 à 130	»	»	10,7	»	10,2

On voit que les carbonates de sodium et d'ammonium font rapidement obstacle à l'écoulement de l'eau; ils déplacent celle qui existe normalement, du fait de la saturation préalable des terres, puis exercent leur *action déplasmolysante* sur les enduits (dont ils exagèrent le volume) en restreignant les dimensions des *espaces lacunaires* intragrumeleux au point de les rendre capillaires.... Avec le carbonate sodique, tout écoulement cesse après un jour; les effets du carbonate ammoniacal sont moins rapides et l'on constate encore une légère percolation la troisième journée. Mais il faut signaler surtout l'action spécifique du carbonate de potassium qui ralentit l'infiltration très sensiblement du troisième au quatrième jour pour l'accélérer ensuite de façon notable en le ramenant presque à sa valeur initiale. Que se passe-t-il donc avec ce sel ? Une dissolution de la *matière noire*, révélée par la couleur foncée des liquides recueillis, correspond à la

période de fléchissement ou de ralentissement : les enduits abandonnent environ 6 à 7^g de *colloïdes humiques* par kilogramme de terre. Cette *défloculation partielle*, suivie d'une plasmolyse des composants limono-argileux, augmente le volume des espaces lacunaires et rétablit la perméabilité dans nos sols riches surtout en matériaux sableux. Au reste, la terre ainsi traitée s'effrite avec facilité en séchant à l'air; elle manque d'agglutinants.

Le *chlorure de calcium* a été appliqué, en fin de série, sur la terre imperméabilisée par le carbonate sodique. Grâce à son action floculante ou plasmolysante, il rétablit vite la perméabilité et l'on peut ainsi *ad libitum*, par des applications successives de carbonate de soude et de composés calciques, modifier négativement et positivement la vitesse d'écoulement des eaux dans la terre arable.

CHIMIE SUCRIÈRE. — *Les coefficients d'inversion diastasique.* Note [1] de M. **Émile Saillard**, présentée par M. Lindet.

Dans de précédentes Communications, j'ai établi les coefficients d'inversion (K) qui s'appliquent à la méthode d'inversion de Clerget, avec la formule

$$S = \frac{100(A+B)}{K - \frac{1}{2}t}:$$

1° Dans le cas de solutions pures de saccharose [2];

2° Dans le cas d'un mélange de saccharose et de raffinose [3].

J'ai montré également que la méthode Clerget ne peut être recommandée pour doser le sucre dans les betteraves ayant subi le gel et le dégel et qu'il faut lui substituer, dans ce cas, la méthode par inversion diastasique [4].

Cette dernière méthode donne d'ailleurs, quelles que soient les betteraves (saines ou non), la richesse saccharine exacte.

Nous avons donc établi les coefficients d'inversion diastasique pour des solutions sucrées pures de concentrations différentes. Le sucre a été purifié suivant la méthode indiquée par Payen. La solution d'invertine a

(1) Séance du 28 novembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 139.

(3) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2189.

(4) *Comptes rendus*, **160**, 1915, p. 360.

été préparée en laissant macérer, pendant 24 heures, 5^g de levure de bière pressée, dans 100$^{cm^3}$ d'eau distillée bouillie, additionnée de quelques gouttes de chloroforme. La solution a été ensuite filtrée en présence d'un peu de kieselguhr.

L'inversion a été faite à la température de 50-55°. Elle a duré environ 5 heures.

Connaissant la lecture avant (A) et après (B) inversion, on remonte au coefficient (K), qui figure dans la formule ci-dessus indiquée, par le calcul suivant :

$$K = \frac{100(A + B) + \frac{St}{2}}{S}.$$

C'est ainsi que nous sommes arrivés aux coefficients d'inversion suivants, la lecture étant faite à 20° :

Saccharose pour 100.	Coefficients d'inversion K.
16$^{cm^3}$	141,80
13	141,62
6,5	141,15
4	141,08
2	140,90
1	140,87

L'examen de ces chiffres montre :

1° que les coefficients d'inversion (inversion diastasique) diminuent quand la teneur en sucre de la solution sucrée diminue;

2° que ces coefficients sont plus faibles avec l'inversion diastasique qu'avec l'inversion chlorhydrique.

Si l'on veut appliquer l'inversion diastasique au dosage du sucre dans les mélasses de betteraves, il faut établir les coefficients d'inversion comme on le fait pour la méthode d'inversion par double polarisation neutre [1], c'est-à-dire ajouter aux solutions de sucre pur des quantités de chlorure de potassium ou de sodium équivalentaires avec les quantités de sels qui se trouvent dans la prise d'essai de mélasse.

Ce travail a été fait avec la collaboration de M. Wehrung.

(1) *Comptes rendus*, **160**, 1915, p. 31.

EMBRYOGÉNIE. — *Le chondriome des gonocytes primaires chez* Rana temporaria *et la recherche des éléments génitaux aux jeunes stades du développement.* Note de M. **Louis Bounoure**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Ayant cherché précédemment à reconnaître l'existence de cellules génitales dans les jeunes stades du développement de la Grenouille rousse, j'avais pu faire remonter l'histoire des gonocytes jusqu'aux embryons de 8^{mm},5 environ, où ces éléments sont encore mélangés aux cellules vitellines du bord dorsal de l'endoderme, juste avant la constitution de la première ébauche génitale [1]. La mise en évidence d'un appareil mitochondrial propre aux gonocytes primaires m'a permis de pousser cette recherche chez des embryons notablement plus jeunes.

Au stade où se forme la première ébauche génitale (larves de 9^{mm} environ) et où les gonocytes sont facilement reconnaissables, il n'est pas rare, après une fixation convenable et sans coloration spéciale, d'apercevoir dans ces éléments une masse plus ou moins étendue, d'aspect granuleux et très dense, appliquée contre le noyau qu'elle enveloppe souvent tout entier. Après essai des méthodes mitochondriales (dont l'emploi est difficile et le choix très limité à cause de l'abondant vitellus), on constate que ce corps juxtanucléaire se colore vivement en rouge par la fuchsine, retient plus énergiquement ce colorant que le vitellus et apparaît alors avec l'aspect classique du corps mitochondrial, que tant d'auteurs ont décrit, chez diverses espèces animales, dans les éléments sexuels en voie de différenciation. Au stade de l'ébauche génitale indifférente, cette masse mitochondriale s'observe constamment, chez la Grenouille, dans les gonocytes primaires, et aucune cellule du soma n'offre rien de semblable.

Or, en étudiant, à partir du stade de 9^{mm}, des embryons de plus en plus jeunes, on retrouve cette même formation cytologique dans certains éléments du massif endodermique : ce sont les gonocytes primaires que seul leur chondriome permet de discerner, à ces stades, parmi les autres cellules à vitellus.

Dans ces éléments génitaux, le chondriome se présente toujours avec les mêmes caractères essentiels : c'est une couche périnucléaire, extrêmement dense, de mitochondries granuleuses qui sont généralement indiscernables,

---

[1] *Ann. Sc. natur.*, 10e série, 8, 1925, p. 201-278.

sauf en de rares occasions favorables, sur des coupes très minces; ordinairement cette auréole entoure complètement le noyau et pénètre dans les incisures de sa surface lorsqu'il en présente; elle paraît diminuer d'épaisseur et d'étendue chez les embryons plus jeunes, où souvent elle ne forme plus qu'un croissant ou un amas restreint toujours appliqué contre le noyau. Il m'a été impossible de discerner dans cette couche mitochondriale le moindre corpuscule représentant un idiosome ou un centrosome; il me paraît cependant certain qu'elle correspond au « Nebenkern » des futures cellules séminales et au croissant vitellogène des ovocytes, et qu'il faut ainsi chercher dans les premiers gonocytes eux-mêmes l'ébauche de ces importantes formations cytologiques des gamètes.

J'ai pu suivre l'existence des gonocytes aux stades suivants :

Embryon de $8^{mm},1$: les gonocytes, non encore rassemblés à l'extrême bord dorsal de l'endoderme, sont placés de part et d'autre de la mince lumière archentérique, qui est située non loin de ce bord dorsal.

Embryon de $7^{mm},2$: les gonocytes sont un peu plus éloignés, dans l'ensemble, de la crête endodermique dorsale et se trouvent au niveau de l'extrémité inférieure de la fente archentérique.

Embryon de $5^{mm},6$: les gonocytes sont très notablement au-dessous de la fente archentérique, presque à mi-hauteur du massif endodermique.

Embryon de $3^{mm},9$: les gonocytes ont à peu près la même position que dans l'embryon précédent, et occupent deux foyers profondément situés, de part et d'autre du plan médian de symétrie, à mi-chemin entre le bord dorsal et le bord ventral de l'endoderme.

Embryon de $3^{mm},2$: les gonocytes, difficiles à caractériser, sont dans la moitié ventrale de l'endoderme, mélangés aux cellules vitellines profondes; celles-ci sont le siège d'un remaniement qui laisse de nombreuses lacunes irrégulières à l'intérieur de l'endoderme et doit favoriser la migration des gonocytes en direction dorsale.

Ce stade, le plus jeune où j'aie constaté l'existence des gonocytes, correspond au moment où le dos de l'embryon vient de se constituer et où la saillie caudale va commencer à se développer. Il est encore très éloigné du stade où le têtard, ayant acquis sa queue et ses branchies, sortira de ses enveloppes et développera sa première ébauche génitale.

Ainsi, tout en reconnaissant pour la première fois, sous une forme très nettement caractérisée, le chondriome des gonocytes primaires, j'ai pu faire un nouveau pas vers la solution de l'important problème biologique relatif à l'existence indépendante, *ab ovo*, de la lignée germinale.

ANATOMIE. — *L'organe nasal de* Solea vulgaris *Quens*.

Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La présente étude a été faite d'après de grands exemplaires de *Solea vulgaris* Quens., au moyen de dissections contrôlées par des injections de masses colorées.

1° *Organe nasal de la face oculée.* — La capsule nasale, de forme subglobulaire, s'appuie dorsalement sur l'ethmoïde et le préfrontal; elle est bordée caudalement par le préorbital. Cet os est en forme de columelle verticale et courbé en équerre à son extrémité inférieure; il est articulé d'une part avec le vomer et, d'autre part, avec le maxillaire. L'organe sensoriel (rosette), de forme elliptique et plus ou moins pigmenté, occupe la presque totalité du fond de la capsule; la travée axiale procède de la paroi ventrale de la narine antérieure. Les lamelles sont du type arciforme. Contre le bord postérieur de la rosette s'ouvre l'aditus des sacs annexes. Il existe un sac muqueux situé dextro-ventralement, par rapport à la capsule nasale, et qui n'est séparé de cette dernière que par la seule épaisseur de la rosette sensorielle (nerf olfactif compris). Un sac parethmoïdien longe l'ethmoïde en s'avançant dans l'intervalle compris entre cet os, le vomer et les apophyses montantes du prémaxillaire. Procédant de l'aditus principal, un conduit se prolonge entre le palatin et le maxillaire, se recourbant sous le crâne, dans une direction caudale, pour déboucher finalement dans la partie antérieure du sac infrasphénoïdien.

2° *Organe nasal de la face aveugle.* — Placée le long du complexe ethmoïdo-vomérien, la capsule nasale n'est encadrée par aucune pièce osseuse, mais elle est soutenue par des ligaments dont les antérieurs s'attachent aux rayons épicraniens de la nageoire dorsale. A la partie postérieure de la capsule se trouve un carrefour formé par deux orifices : l'entrée d'une tubulure longitudinale, rétrécie, aboutissant à la narine postérieure et l'aditus des sacs annexes. L'organe sensoriel, constitué comme son homologue de la face oculée, est plus incliné que celui-ci sur le plan frontal et dépourvu de pigment. Il existe un sac muqueux placé sous la rosette, ainsi qu'un sac parethmoïdien. Ventralement, le carrefour donne accès à un conduit dont le trajet est morphologiquement identique au parcours suivi par le conduit homologue de la face oculée et qui aboutit, comme ce dernier, au sac infrasphénoïdien.

3° *Sac infrasphénoïdien.* — Ce sac est placé entre la carène du parasphénoïde et la membrane palatale, occupant toute la largeur de l'espace compris entre les deux branches ptérygoïdiennes. De grande capacité, il est de forme ovoïde et se bifurque antérieurement; ses deux diverticules antérieurs aboutissant respectivement à chacune des deux capsules nasales, par le moyen des conduits décrits plus haut. Le sac est constitué par une membrane pigmentée et plissée longitudinalement, à la façon de la membrane palatale, à laquelle l'unissent des fibres élastiques de tissu conjonctif.

Il est aisé de comprendre que tous les mouvements transversaux des parois latérales de la cavité buccale agissent sur le sac infrasphénoïdien, modifient sa capacité et provoquent l'aspiration et le refoulement de l'eau, déterminant ainsi la circulation du liquide ambiant à l'intérieur des capsules nasales.

Kyle (1) a reconnu, chez un *Cynoglossus* vraisemblablement traumatisé, la relation de ce sac impaire avec les deux capsules nasales, mais cet auteur attribue, chez *Solea* (*Pegusa*) *lascaris* Risso, le sac infrasphénoïdien au seul organe nasal de la face aveugle et décrit un « sac sous-ethmoïdien » comme étant en relation avec le seul organe de la face oculée.

La présence, chez les *Soleidæ*, d'un os préorbital et d'un sac muqueux accolé à la rosette sensorielle, ainsi que la centralisation fonctionnelle du sac infrasphénoïdien sont autant d'observations qui avaient échappé, jusqu'ici, à l'attention des anatomistes.

TÉRATOLOGIE. — *Sur un monstre triple de l'espèce ovine.* Note (2) de MM. **F.-X. Lesbre** et **R. Tagand.**

Les monstres triples sont tellement rares que Chaussier et Meckel déclaraient n'en connaître aucun exemple authentique, ni par eux-mêmes, ni par l'examen des faits consignés à leur époque dans les annales de la science. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire lui-même avouait n'en avoir constaté qu'un cas; or, je crois avoir démontré que l'hypotognathie bilatérale dont il s'agissait se rattache à la monstruosité double et non à la triple (3); il n'en avait donc jamais vu.

---

(1) *The Journal of the Linnean Society*, Zoology, 27, 1899-1900, p. 541, pl. 27, fig. 2, 3 et 4.

(2) Séance du 28 novembre 1927.

(3) Voir F.-X. Lesbre, *Traité de Tératologie de l'homme et des animaux domestiques* (Paris, 1927).

Le sujet de cette Note était un agneau mort-né à terme, qui était simple en haut, double au milieu, triple en bas. Il offrait en effet une tête et un cou uniques, normalement constitués, une poitrine manifestement double dont se détachaient 4 membres, 3 arrière-trains, c'est-à-dire 3 paires de membres pelviens; enfin, 2 queues inégalement longues. Ses 10 membres étaient plus ou moins atrophiés, contracturés et difformes, mais régulièrement constitués, exception faite pour un membre pelvien qui était ectrodactyle.

A la dissection, nous constatâmes l'existence de deux colonnes vertébrales, l'une, complète et normale, longeant le dos à partir de la tête et terminée par une longue queue sous laquelle s'ouvrait l'anus; l'autre, incomplète, tordue et flexueuse, située à l'opposé de la première, c'est-à-dire sur la face ventrale, commençant en pointe sous l'entrée de la poitrine et se terminant par une petite queue sous laquelle se trouvait une aire anale non perforée.

Chacune de ces colonnes s'articulait avec deux jeux de côtes (13 paires), qui, au lieu de se sternaliser entre eux, se sternalisaient avec ceux du rachis opposé, de manière à constituer une cavité pectorale unique formée des éléments de deux thorax abouchés, comme dans les monstres doubles sternopages, avec cette différence toutefois que l'un des thorax était beaucoup plus petit que l'autre. Quatre omoplates opposées deux à deux servaient de base aux quatre membres thoraciques.

A leur partie inférieure les rachis donnaient chacun appui à deux coxaux qui, à l'instar des côtes, se symphysaient non pas entre eux mais avec ceux de la colonne opposée, de manière à constituer une cavité pelvienne commune formée de deux bassins abouchés, comme dans les ischiopages, et dont se détachaient quatre membres.

Réduit aux parties que nous venons d'énumérer, le monstre en question eût été un monstre double fort intéressant, tel qu'on n'en a jamais signalé : un *ischio-sternopage monocéphalien*. Mais ce n'est pas tout. Il offrait en outre une troisième paire de membres pelviens obligeant à le classer parmi les monstres triples. Ces membres, fixés sous la petite queue, dans l'intervalle des membres homologues procédant du rachis accessoire, ne tenaient que par un pédicule musculo-cutané, à la manière des membres parasites de certains pygomèles. A leur base se trouvait un rudiment de bassin formé de deux iliums séparés continués par une tige résumant les deux ischiums.

Chose singulière, déjouant nos prévisions, tous les viscères, pectoraux, abdominaux, pelviens, étaient simples et normaux, hormis les testicules qui étaient atrophiés et arrêtés dans leur descente. Tous étaient orientés

relativement à la colonne vertébrale principale, comme si les viscères correspondant à l'autre colonne ne s'étaient pas développés. Par contre il y avait deux névraxes, le rachis ventral contenait une moelle comme le rachis dorsal, mais incomplète et imparfaitement développée.

Tels sont les traits essentiels de l'organisation du monstre qui a fait l'objet de cette Note. Ils se résument en ces quelques mots : un *ischio-sternopage monocéphalien pygomèle*. Nous laissons à d'autres la tâche de remonter à son origine et d'expliquer son développement.

PHYSIOLOGIE. — *La nutrition azotée des Mucorinées. Assimilation de l'azote uréique.* Note de M. **Denis Bach**, présentée par M. L. Guignard.

L'urée est théoriquement un bon aliment pour les microorganismes, à cause de sa facile hydratation en carbonate d'ammoniaque. En réalité, toutes les espèces ne produisent pas l'uréase nécessaire à cette réaction, ou bien cette uréase peut se trouver dans des conditions où elle ne peut pas exercer son action. Dans d'autres cas, au contraire, la production d'une trop grande quantité d'ammoniaque et l'alcalinisation qui en est la conséquence risquent de rendre le milieu dysgénésique. Les Mucorinées nous présentent des exemples de ces divers cas.

Les 24 espèces précédemment étudiées ont été cultivées sur le milieu déjà décrit, où l'azote est fourni sous forme d'urée (urée 3 pour 1000) [1]. Les conditions de culture et de milieu sont les mêmes; mais on a évité la stérilisation par la chaleur et utilisé la filtration à la bougie Chamberland F, avec répartition aseptique du filtrat dans des vases stériles. Le pH de départ, réglé par la présence de phosphate acide de potassium, oscillait entre 4,8 et 5.

Sauf le *Phycomyces splendens*, dont j'ai déjà signalé l'inaptitude à se développer sur les milieux liquides, toutes les espèces poussent, mais en général assez mal. Cela se traduit, non seulement par des récoltes toujours faibles, mais aussi par de très grandes irrégularités entre les vases d'une même série.

Seules, quelques espèces ont un développement normal. Telles sont : *Cunninghamella echinulata*, *Helicostylum piriforme*, *Glomerula repens*, *Syncephalastrum cinereum*, *Lichtheimia corymbifera*, *Absidia cœrulea*, *A. glauca*,

---

(1) D. Bach, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 766.

qui donnent au quinzième jour des voiles sporangifères, pesant à l'état sec de 100 à 150^mg (avec 25^cm³ de milieu, 4 pour 100 de glucose). L'évolution de la réaction est à peu près la même dans tous les cas. Après une phase d'acidification plus ou moins fugitive, le liquide s'alcalinise, le pH monte à 7 ou 8 environ, puis le sens de la variation se renverse à nouveau et le pH revient aux alentours de 5. Il est à remarquer que le liquide reste toujours complètement limpide.

Par contre tous les *Mucors*, les *Circinella* donnent des cultures franchement médiocres, réduites à 4 ou 5^cg. Elles sont formées d'amas glaireux complètement immergés, dépourvus d'appareils reproducteurs.

Le liquide devient généralement trouble par suite de la dissociation du mycélium en cellules levures. Ce type de culture coïncide toujours avec une alcalinisation persistante des milieux. Le pH peut monter jusqu'à 9, avec les *Circinella*. On assiste à une véritable intoxication du champignon par l'ammoniaque formée.

Les *Rhizopus* s'opposent, d'une façon complète, aux autres espèces. Ce sont des champignons qui produisent, aux dépens du sucre, une grande quantité d'acides organiques, et qui, ici, abaissent le pH du milieu jusqu'à 2,8, 2,6 et même 2,4. La culture s'arrête alors, non pas sans doute parce que la concentration des ions H est trop élevée, puisque nous avons vu ces mêmes espèces avec $SO^4(NH^4)^2$ aller jusqu'à pH 2, mais par suite d'une inhibition complète de l'uréase et d'une véritable faim d'azote. Le voile qui s'organise dans ces conditions reste mince et fragile et se couvre d'un maigre gazon sporangifère. Le liquide reste toujours limpide et ne se trouble pas par formation de cellules levures.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les effets de la piqûre du quatrième ventricule : hyperallantoïnurie et troubles de la régulation thermique.* Note de MM. **Angel Establier y Costa** et **Charles Kayser**, présentée par M. Roux.

D'un travail antérieur sur le métabolisme des purines [1] l'un de nous a conclu à l'impossibilité de considérer comme démontré, par les expériences de Camus et Gournay, l'existence d'un centre situé dans les noyaux du *tuber cinereum* et réglant le métabolisme des bases puriques et de l'acide urique.

(1) Ch. Kayser et El. Le Breton, *Recherches sur le métabolisme des purines* (*Annales de Physiologie et Physico-chimie biologique*, 2, II, 1926, p. 129).

Nous signalions dans ce travail la nécessité, avant d'affirmer l'existence de ce centre organo-végétatif, d'étudier l'élimination de l'allantoïne et de reprendre les travaux publiés par Michaelis dès 1913 sur ce point. Faisant la piqûre du quatrième ventricule chez le lapin selon la technique d'Eckhard, cet auteur provoquait, non seulement la polyurie et la glycosurie connues depuis Claude Bernard, mais encore une augmentation d'élimination d'allantoïne. Ce symptôme est plus durable (48 heures) que la glycosurie (24 heures). Comme Claude Bernard, Michaelis signale que les animaux qui survivent à la piqûre meurent en hypothermie.

Évidemment, l'expérience de Michaelis doit être rapprochée de celle de Camus et Gournay; les fibres, touchées sur le plancher du quatrième ventricule, ayant leur origine dans les centres sympathiques qui avoisinent le *tuber cinereum*. Comme suite à nos recherches, nous avons donc été conduits à reprendre les expériences de Michaelis afin d'en saisir le mécanisme.

Nos premières conclusions sont les suivantes :

1° *L'hyperallantoïnurie suit toujours la piqûre du 4e ventricule; elle est aussi constante que la polyurie et la glycosurie.*

Voici quelques exemples :

Lapins à un régime fixe piqués selon Eckhard, après 24 heures de jeûne. Dosage de l'allantoïne par la méthode de Wiechowski.

N° des animaux.	Avant la piqûre. Volume urinaire des 24 h.	Allantoïne des 24 h.	Après la piqûre. Volume urinaire des 24 h.	Allantoïne des 24 h.	Augmentation pour 100 du volume urinaire.	de l'allantoïne.
	cm³	mg	cm³	mg		
2	62	38,6	140	89,3	125	131
4	108	51,3	120	95	10	85
5	88	52	125	138	56	165
6	55	34,5	75	89,5	36	160
8	54	34,2	168	248,5	210	626
7	65	53,4	80	85,2	30	60

Signalons dès maintenant que les plus fortes éliminations d'allantoïne coïncident avec les plus grands volumes urinaires.

2° *Tous les animaux opérés présentent une hypothermie* ayant son maximum 3 ou 4 heures après la piqûre. Cette hypothermie n'est pas due au choc opératoire, on ne l'observe jamais si l'on ouvre la membrane atlantoïdo-occipitale sans piquer le ventricule. Exemples :

	Avant l'opération.	3 à 4 h. après.	7 h. 30 après.	24 h. après.
	°	°	°	°
Animaux témoins opérés sans piqûre	37,3	38,5	39	—
	38,9	38	37,3	—
Animaux piqués	39,3	35,3	36,4	37,2
	37,6	34,8	35,7	37

3° *L'hypothermie est le témoin d'un trouble de la régulation thermique.* La mesure des échanges (méthode de Haldane) met en évidence qu'il ne s'agit pas d'une augmentation de la déperdition (troubles vaso-moteurs) mais d'une altération de la régulation chimique, réparable si l'animal survit. Exemples :

	Température extérieure.	Q. R.	Calories par kg-heure.	Température centrale au début et à la fin de l'expérience.
	°			° °
Lapin normal	20	0,85	2,79	38,5–39
	9	0,71	3,27	38,2–38,6
Lapin après piqûre	20	0,83	2,43	35,7–36,4
	12	0,72	2,02	36,2–33

La suite de notre travail montrera quel est le mécanisme intime de ces phénomènes, et s'il faut croire avec Michaelis que la piqûre (Harnsaürestich) touche à un centre du métabolisme des substances puriques.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la section d'un nerf sur l'excitabilité générale du système nerveux.* Note [1] de MM. **J.-E. Abelous** et **H. Lassalle**, présentée par M. Charles Richet.

Au cours de recherches antérieures, nous avons eu l'occasion d'observer à la suite de la section d'un nerf sciatique sur le lapin des modifications dans les réactions de l'animal, se produisant 20 à 25 jours après l'opération et de nature à faire penser à une augmentation de l'excitabilité du système nerveux.

Nous nous sommes proposé de suivre et de mesurer avec le plus de précision possible les modifications d'excitabilité du nerf homologue intact, consécutives à la section d'un nerf sciatique. Toutes les précautions étaient

[1] Séance du 28 novembre 1927.

prises pour que des ulcérations ouvrant la porte à l'infection ne se produisissent pas chez nos animaux, et grâce à elles nous avons pu les conserver en parfait état.

La méthode de chronaximétrie de Bourguignon, que nous avons utilisée, permet de suivre de jour en jour les variations de l'excitabilité neuro-musculaire, sans qu'il soit nécessaire de mettre l'organe à nu. Nos expériences ont été identiquement conduites sur quatre lapins. La rhéobase et la chronaxie du tronc du sciatique poplité interne droit sont tout d'abord déterminées. Le sciatique gauche est alors sectionné, et dans les jours qui suivent, tandis que le tronc nerveux dégénère, les valeurs des paramètres d'excitabilité sont systématiquement recherchées pour le sciatique droit demeuré intact.

Voici les chiffres que nous avons obtenus sur deux lapins observés simultanément. Les rhéobases sont en volts, les chronaxies en millièmes de microfarad. Un système de shunt, équivalant à une résistance de 6500 ohms environ, dérive sur les téguments une partie de la décharge des condensateurs.

Valeurs normales des paramètres pour le sciatique droit :

		Lapin I.	Lapin II.
24 août.	Rhéobase	44	48
»	Chronaxie	50	58

On sectionne le sciatique gauche.

Constantes d'excitabilité pour le sciatique droit :

		Lapin I.	Lapin II.
30 août.	Rhéobase	40	48
»	Chronaxie	52	58
6 sept.	Rhéobase	41	50
»	Chronaxie	54	56
14 sept.	Rhéobase	38	46
»	Chronaxie	32	38
19 sept.	Rhéobase	37	36
»	Chronaxie	31	24
26 sept.	Rhéobase	41	37
»	Chronaxie	24	26
16 oct.	Rhéobase	44	41
»	Chronaxie	40	42
25 oct.	Rhéobase	42	46
»	Chronaxie	52	50

On voit que l'excitabilité nerveuse augmente nettement du 20ᵉ au

30e jour comme en témoignent les abaissements du chiffre de la rhéobase et de la chronaxie. Deux mois après la section d'un sciatique, l'excitabilité nerveuse est redevenue ce qu'elle était avant.

A quoi sont dues ces modifications d'excitabilité?

On pourrait penser à des causes mécaniques, c'est-à-dire à une irritation chronique du bout central du nerf sectionné par le tissu cicatriciel qui se forme autour de lui et qui l'emprisonne. Mais le fait que l'accroissement d'excitabilité ne se manifeste nettement, que du 25e au 30e jour après la neurectomie et cesse deux mois après, ne paraît pas favorable à cette hypothèse.

Il faut, croyons-nous, incriminer les métabolites qui résultent du processus de la dégénérescence Wallérienne et qui, résorbés, vont exercer une action excitante sur les éléments nerveux.

Ce qui tend à justifier cette hypothèse, c'est l'application de la réaction d'Abderhalden au sérum des animaux, une vingtaine de jours après la section du sciatique.

On sait que la lésion d'un organe a pour conséquence la pénétration dans le sang, de produits de désassimilation incomplètement élaborés et la production de diastases destinées à compléter cette élaboration, pour soustraire l'organisme à l'action de ces antigènes, d'origine tissulaire.

Or si l'on pratique la réaction d'Abderhalden avec le sérum du même animal prélevé dans les premiers jours qui suivent la section d'un sciatique, en mettant dans le dialyseur de la pulpe cérébrale de lapin préparée selon les règles indiquées par Abderhalden, on n'obtient aucune réaction positive.

Par contre cette réaction se manifeste très nettement vers le 25e jour qui suit la section du nerf.

Il semble donc que l'explication humorale de la modification d'excitabilité nerveuse, conséquence de la présence dans le sang de produits incomplètement élaborés de la substance nerveuse en voie de dégénérescence soit au moins très vraisemblable. C'est ce que nous essayerons d'établir par d'autres expériences.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de la N-méthylgranatoline sur la circulation, le pneumogastrique et le cœur.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **René Hazard**, présentée par M. A. Desgrez.

I. Chez le chien auquel on fait une injection intraveineuse de $0^{g},01$ par kilogramme de N-méthylgranatoline, on observe (*fig* 1) : *a.* une chute

de la pression artérielle plus ou moins prononcée, très brève et généralement unique; à cette chute succède immédiatement : *b.* une élévation rapide et considérable (de 7 à 9^{cm} Hg) de la pression sanguine : montée irrégulière, entrecoupée de chutes, et suivie d'un retour progressif, en une ou deux minutes, à la normale; *c.* une grande augmentation, également fugace, de l'amplitude, et *d.* un ralentissement sensible et plus durable du rythme.

Ces effets vasculaires rappellent, par certains côtés, ceux de l'adrénaline, d'autant mieux que l'on constate également, au moment où la pression

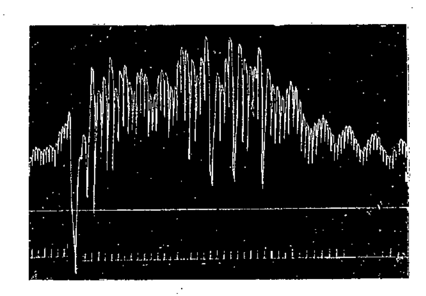


Fig. 1. — Chien ♀ $5^{kg},8$ chloralosé. Pression carotidienne. Injection de $0^{g},01$ de N-méthylgranatoline (en solution chlorhydrique neutre) par kilogramme d'animal. Ligne inférieure = temps en secondes. (Tracé réduit de moitié.)

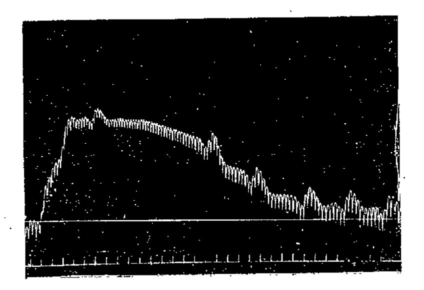


Fig. 2. — Chien ♀ $9^{kg},5$ chloralosé. Pression carotidienne. Injection de $0^{g},01$ de N-méthylgranatoline par kilogramme après $0^{g},001$ de sulfate d'atropine par kilogramme. Ligne inférieure = temps en secondes. (Tracé réduit de moitié.)

s'élève, de la vaso-constriction rénale. Le rapprochement se poursuit si l'on fait précéder la première injection de N-méthylgranatoline de la double vagotomie ou de l'administration d'atropine. Dans ce cas (*fig.* 2) on n'observe plus la chute initiale qui était donc d'origine pneumogastrique, mais une montée rapide et régulière de la pression sanguine avec accélération et diminution d'amplitude, phénomènes auxquels succède bientôt le retour graduel à la normale; le rein subit une vaso-constriction.

Mais le rapprochement avec l'adrénaline cesse lorsqu'on répète les injections de $0^{g},01$ à $0^{g},02$ de N-méthylgranatoline par kilogramme. Déjà la deuxième injection — vagues intacts ou non — montre une atténuation très sensible des premiers phénomènes observés. Et si l'on répète les injections, on constate que la pression (que le rein suit alors passivement) subit une chute lente, progressive et durable, tandis que le rythme se ralentit. Cependant l'adrénaline, même chez le chien qui a reçu plusieurs centigrammes de N-méthylgranatoline, produit toujours ses effets hypertensifs.

La N-méthylgranatoline offre donc un exemple de corps dont l'action, hypertensive à la première injection, ne se renouvelle pas lors des injections ultérieures qui provoquent, au contraire, de l'hypotension.

II. On constate, d'autre part, qu'après la phase d'excitation du début, la N-méthylgranatoline produit, à doses répétées, une diminution notable de l'excitabilité du vague qui peut devenir totalement inexcitable, chez certains animaux, avec des doses variant de $0^{g},02$ à $0^{g},05$ par kilogramme.

III. Enfin, on observe sous l'effet des injections successives de N-méthylgranatoline une diminution progressive et durable de l'amplitude et du rythme (*fig.* 3 et 4) des contractions auriculaires et ventriculaires du cœur.

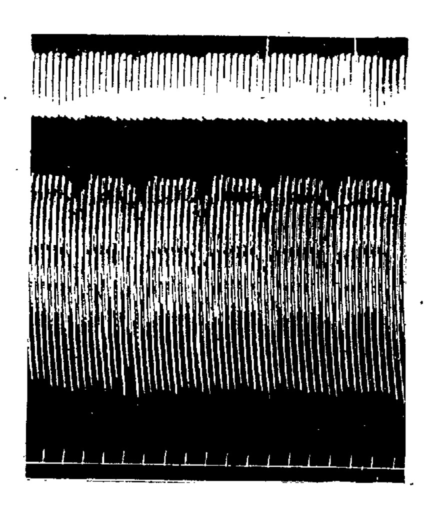


Fig. 3. — Chien ♂ $3^{kg},5$, chloralosé, cœur *in situ* (Méthode de suspension. Oreillette en haut, ventricule en bas). Ligne inférieure = temps en secondes. (Tracé normal non réduit.)

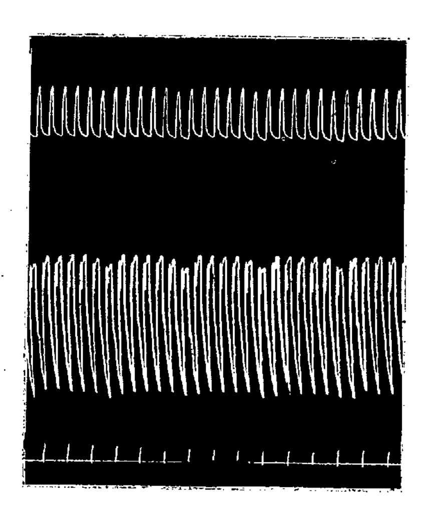


Fig. 4. — Même chien. Après l'injection de $0^{g},04$ de N-méthylgranatoline, par kilogramme. (Tracé non réduit.)

Conclusion. — La N-méthylgranatoline produit lors de la première injection des effets circulatoires assez analogues à ceux de l'adrénaline; ces effets ne se renouvellent pas lors des injections ultérieures qui produisent, au contraire, outre l'inexcitabilité progressive du vague, un abaissement de la pression sanguine et un ralentissement du rythme que l'on peut sans doute rapporter à une action dépressive sur le myocarde.

BIOLOGIE. — *Sécrétion et utilisation de la cire chez l'abeille* (Apis mellifica). Note de M. **Perret-Maisonneuve**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'abeille à l'origine nidifiait comme le font encore certains apiens qui utilisent avec ou sans cire, fibres végétales, carton, terre, etc. L'espèce se perfectionna, les groupements et leurs provisions augmentant, l'*Apis mellifica* dut développer ses moyens de production de matériaux, sans perdre complètement ses habitudes ancestrales : c'est ainsi qu'elle mélange des résines et des baumes (propolis) à ses bâtisses et qu'elle insère dans ses opercules les produits végétaux les plus divers, (fibres, bois, pollen, papier, etc.). Quant à la cire, elle ne la sécrète qu'avec la plus stricte économie.

Sa production exige une élévation factice de la température du groupe des cirières qui dépasse souvent 30°, obtenue par l'immobilisation d'une quantité d'ouvrières gorgées de miel, entourant les abeilles occupées à la sécrétion, et ces dernières attendent de longues heures, dans ce milieu surchauffé, que l'exsudation se produise.

Seules les jeunes abeilles peuvent supporter la fatigue de l'exsudation et s'y soumettent à raison de la nécessité économique dans laquelle se trouve la colonie d'entreposer rapidement couvain et provisions; mais nul besoin biologique ne les y contraint. Les nids servent à de nombreuses générations et les ouvrières qui y naissent, après leur construction, en tout semblables aux bâtisseuses, vivent sans sécréter de cire ou en n'en sécrétant qu'une infime quantité.

Les abeilles sont dirigées surtout par un instinct collectif et plastique, mais il faut leur reconnaître les lueurs d'une intelligence rudimentaire et limitée, une ébauche de raisonnement : le souci d'économiser une substance si durement acquise est une manifestation de cet intellect spécial.

Il apparaît : 1° quand l'essaim ne construit qu'un rayon et deux amorces et ne poursuit l'achèvement de ses bâtisses que si la température et les apports le lui permettent; 2° quand les abeilles reprennent la cire des vieux rayons [1] pour la remployer dans les nouveaux; 3° quand elles font servir les opercules du couvain au cachetage des alvéoles à miel; 4° quand elles rapportent

---

[1] Le couvain se développe aussi bien dans ces rayons presque entièrement dépouillés de cire et composés de cuticules chitineuses que dans les rayons de cire pure.

à la ruche la cire trouvée à l'extérieur; 5° quand elles utilisent la cire gaufrée chez l'apiculteur.

Certaines observations nous ont permis de penser que l'abeille poussait sa parcimonie au point de mélanger elle-même des substances étrangères à sa cire : dans une de nos ruches les abeilles operculèrent des rayons avec de la cire à modeler faite d'argile, d'ocre rouge, d'huile et de cire, obturant aussi des fissures; dans une autre, les ouvrières incorporèrent à leurs bâtisses la matière goudronneuse d'une feuille de rubéroïd recouvrant les cadres (12 pour 100).

Ailleurs, elles agirent de même avec de la paraffine. Nous les vîmes enfin grignotter et emporter un pain de cire contenant 10 pour 100 de résines.

Pour savoir s'il s'agissait de cas exceptionnels ou si les abeilles utiliseraient pour la nidification, dans ces conditions normales, des substances étrangères mises à leur portée, nous avons procédé aux deux expériences suivantes :

Première expérience. — Nous avons équipé un cadre de hausse d'une épaisse feuille de cire gaufrée pure et sous la traverse supérieure, fixé à chaud, de chaque côté de la gaufre 13 pains de 2^{cm^3} des matières suivantes colorées diversement par le bleu d'aniline, l'éosine, l'orcanette etc. : *goudron de rubéroïd, cire à modeler, cérésine pure, paraffine pure, résine et cire, cire de carnauba-cérésine et cire* et *des mélanges de ces substances, en proportions diverses*, avec 2 *pains de cire pure* comme témoins.

Confié à une colonie, ce rayon fut entièrement construit en 8 jours, sans addition de cire nouvelle, seule la cire jaune de la fondation fut allongée avec emploi d'une plus ou moins grande quantité des substances étrangères colorées, suivant leur nature. Des auréoles de toutes nuances, entourant les pains, attestaient le transport au loin des matières offertes et leur incorporation jusqu'à la base des alvéoles.

Les pains de cire pure furent presque entièrement négligés, les abeilles leur préférèrent le ruberoïd utilisé jusque dans le bas du cadre, les résines, la cire à modeler, la cérésine, etc. Ici la paraffine pure fut délaissée, et le fut seule avec la cire.

Deuxième expérience. — Nous avons confié à une autre colonie un rayon de hausse garni d'une mince feuille d'aluminium divisée en 8 parties de $12^{cm^2} \times 5^{cm^2},5$, recouvertes chacune d'une couche de 1^{mm} d'épaisseur des mêmes substances colorées auxquelles fut ajoutée de la *poix* additionnée de cire de propolis.

Les abeilles construiraient-elles avec ces substances en y mélangeant ou non de la cire ? Leur travail fut plus lent sur ces 8 champs d'expérience, néanmoins elles y étirèrent des cellules en se livrant à un travail de façonnage et d'allongement, sans sécréter de cire. Là encore le rubéroïd fut le plus recherché; les abeilles le mélangèrent à la cire pure témoin qui voisinait, au lieu d'utiliser cette dernière dans sa pureté; le mélange carnauba et cire fut bien travaillé, de même que la poix dont les abeilles se servirent pour bâtir des ponts reliant la feuille métallique au cadre.

Ces expériences confirment que la sécrétion de la cire dans les conditions normales de l'existence de l'abeille (en dehors de la crise d'essaimage) est bien une nécessité économique et non une fonction biologique et que cet hyménoptère, pour éviter cette sécrétion et pour économiser son produit, revenant aux habitudes ancestrales, met volontiers en œuvre des substances étrangères plastiques quand elle les a à sa disposition.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de quelques électrolytes sur les phénomènes d'agglutination.* Note (1) de MM. **Maurice Piettre** et **André Chrétien**, transmise par M. Matignon.

Continuant nos recherches chimiques (2) sur l'agglutination des bacilles du groupe paratyphique à l'aide d'immunsérums spécifiques ou de leurs produits de séparation par la méthode à l'acétone, nous abordons l'étude préliminaire de l'influence de quelques électrolytes sur les phénomènes d'agglutination.

I. L'emploi des sels neutres nous a donné les résultats suivants :

Le NaCl ne paraît pas indispensable à l'agglutination qui se produit, sensiblement dans les mêmes conditions, dans les solutions isotoniques de KI, KBr et SO^4Na^2. Les concentrations de NaCl qui s'étendent de 6 à 20 pour 1000 ne semblent pas nuire au phénomène. En passant, nous avons constaté que le saccharose en solution isotonique empêche l'agglutination.

L'utilisation des bases et des acides a été beaucoup plus féconde.

II. On sait d'après les travaux des bactériologistes et plus spécialement de M. Maurice Nicolle et de ses collaborateurs, que la meilleure condition pour obtenir les réactions d'agglutination est d'utiliser des microbes très jeunes, le pouvoir agglutinant diminuant rapidement avec l'âge.

Dans nos expériences, nous avons opéré d'abord sur des bacilles paratyphiques B cultivés en *eau peptonée*, obtenus par centrifugation et n'agglutinant plus dans les conditions classiques et essayé méthodiquement, sur des suspensions convenables, l'action d'alcalis et d'acides très dilués, $\frac{N}{100}$ le plus souvent. On dispose dans un portoir douze tubes à hémolyse contenant chacun 2^{cm^3} de suspension bacillaire. Un tube servant de témoin (neutralité), on ajoute à droite les quantités suivantes de $\frac{HCl}{100}$: $0^{cm^3},025$; $0^{cm^3},05$; $0^{cm^3},075$; $0^{cm^3},1$; $0^{cm^3},125$ par centimètre cube de suspension, puis à gauche $0^{cm^3},025$;

---

(1) Séance du 28 novembre 1927.

(2) Maurice Piettre, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 898.

$0^{cm^3},05$; $0^{cm^3},075$; $0^{cm^3},1$ de $\frac{NaOH}{100}$ et enfin dans chaque tube la quantité de sérum spécifique correspondant à son titre agglutinant. Les mélanges effectués, on porte à l'étuve à 37° pendant 30 minutes, puis on examine après 3 heures de contact.

On constate alors une agglutination plus ou moins accentuée dans la seule série acide. Dans un très grand nombre d'expériences, le maximum d'agglutination correspondait à une teneur voisine de $0^{cm^3},075$ ou de $0^{cm^3},1$ $\frac{HCl}{100}$.

Des expériences identiques ont alors été effectuées avec des bacilles cultivés en *milieu peptoné glucosé* (5, puis 7 pour 100 de glucose).

Dans ces conditions on observe en général un maximum d'agglutination dans la série alcaline, pour une teneur de $0^{cm^3},025$ à $0^{cm^3},05$ $\frac{NaOH}{100}$.

Avec des bacilles obtenus par centrifugation des cultures, puis lavés dans l'eau physiologique, on voit les deux maxima se rapprocher nettement de la neutralité, mais l'agglutination est moins rapide et moins intense.

En expérimentant sur des bacilles peptonés glucosés surtout, nous avons cependant obtenu plusieurs fois des résultats contradictoires : un maximum à la fois dans la zone alcaline et dans la zone acide, plus rarement un seul maximum dans la zone acide.

III. Le sens général de la marche des fermentations dans les deux milieux choisis n'a été suivi jusqu'alors presque uniquement qu'à l'aide de la technique chimique.

La fermentation de l'eau peptonée est nettement et abondamment ammoniacale. Avec les peptones souvent légèrement acides, l'apparition d'ammoniac libre est retardée jusqu'à saturation de l'acidité initiale.

En milieu peptoné glucosé, il se produit une fermentation double, fermentation fortement acide du sucre, fermentation basique de la peptone. Ce chevauchement peut expliquer, au moins en partie, les contradictions signalées plus haut. Les indications fournies par des déterminations de pH faites au laboratoire de M. Porcher ont besoin d'être reprises systématiquement.

Conclusions. — De ces premières recherches sur les bacilles paratyphiques B se dégagent les conclusions expérimentales suivantes :

L'âge des microbes, dans les phénomènes d'agglutination, ne paraît pas être une condition essentielle, primordiale. Il doit en être de même très certainement pour les autres bacilles du groupe, et probablement pour tous les microbes agglutinants.

Le facteur le plus important est l'*état chimique du corps bacillaire*, état qui se trouve beaucoup plus modifié par les produits de fermentation qu'on ne paraît l'admettre généralement en bactériologie.

La précaution indiquée par les auteurs d'opérer sur des bacilles jeunes, de préférence cultivés sur milieux solides, se justifie pleinement par la faible proportion des produits de fermentation libérés au début de la culture. Dans nos expériences, avec des bacilles âgés provenant de milieux liquides, les choses semblent se passer comme si l'acide chlorhydrique saturait une basicité (NH^3) fixée sur le corps bacillaire, et comme par contre si la soude neutralisait une acidité. Les maxima observés équivaudraient donc à ramener artificiellement le corps bacillaire à l'état *chimiquement neutre* qui nous paraît devoir être le plus favorable à sa combinaison avec l'agglutinine et par suite à l'optimum d'agglutination.

Dans la pratique, on peut donc dégager de ces expériences une technique qui permettra d'augmenter dans des proportions vraiment intéressantes la sensibilité des réactions d'agglutination, et d'en étendre les applications. Au point de vue purement théorique, ces recherches, surtout d'ordre chimique, ont besoin, sur nombre de points encore très insuffisamment éclaircis, de s'appuyer sur des méthodes physiques que nos modestes moyens actuels ne nous ont pas encore permis de réaliser.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'hydrolyse de l'ovalbumine par la pepsine dans ses rapports avec la formation des diacipipérazines.* Note de M. **A. Blanchetière**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai montré dans une Note précédente (1) que les peptones commerciales, tant pepsiques que trypsiques, renferment d'importantes quantités d'azote diacipipérazique, ce qui m'amène à étudier à ce point de vue la marche de l'hydrolyse par les ferments. Dans la présente Note, je n'envisage que l'action de la pepsine sur l'albumine d'œuf.

Une solution aqueuse d'albumine d'œuf est additionnée de pepsine et de HCl en quantités telles qu'une fois amené à son volume définitif, le mélange renferme $0^g,10$ de pepsine et ait une acidité N/10. D'après son activité, la quantité de pepsine ainsi ajoutée est beaucoup plus que largement suffisante pour peptonifier l'albumine présente. N total est alors dosé

(1) A. Blanchetière, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 405.

au Kjeldahl, puis la solution répartie en quantité connue dans des fioles bouchées, le contenu de chaque fiole additionné de toluène, et le tout mis en incubation à 45° pendant des temps variables. L'azote diacipipérazique est alors déterminé par une méthode que j'ai décrite ailleurs ([1]), les résultats sont les suivants, exprimés en pour 100 de N total :

Temps d'incubation en jours.	Pour 100 de N diacipipérazique. Protéine crue.	Protéine dénaturée par la chaleur à 100°.
1	37,5	11,2
5	29,4	13,9
10	28,15	15,6
17	22,75	18,0
24	21,4	»
31	19,9	25,2
38	19,9	»
54	»	27,0
68	»	27,0
82	»	27,0

Comme on le voit, la marche de l'hydrolyse paraît inverse dans les deux cas. Tout d'abord les présents résultats concordent avec ceux de Linossier ([2]) qui a montré que l'albumine cuite est attaquée plus lentement par la pepsine que l'albumine crue, ils apportent même une explication au fait signalé par cet auteur.

Les diacipipérazines sont, en effet, résistantes à l'action des ferments comme l'ont montré successivement Abderhalden et Goto ([3]), Waldschmidt-Leitz et Schäffner ([4]) et autres. La diminution de la vitesse et de la limite d'attaque serait donc due à la formation des diacipipérazines. Il ne saurait être question ici d'une diminution de la vitesse d'attaque due à la diminution des points de contact entre l'enzyme et le substrat, car, dans les présentes expériences, l'albumine a été *dénaturée*, mais non *floculée*.

La double observation faite d'une différence dans la marche et la limite de production des diacipipérazines soulève la question de leur préexistence dans la molécule protéique. Dans la protéine crue, la diminution constante de N-diacipipérazique semble bien se faire aux dépens de cycles substitués

---

([1]) A. Blanchetière, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 101-110.

([2]) C. Linossier, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 68, 1910, p. 709.

([3]) E. Abderhalden et K. Goto, *Fermentforsch.*, 7, 1925, p. 169-175.

([4]) E. Waldschmidt-Leitz et A. Schäffner, *Ber.*, 58, 1925, p. 1356-1360.

dont les chaînes latérales seraient successivement clivées par l'enzyme, mais une pareille explication ne paraît pas pouvoir s'appliquer à l'hydrolyse de la protéine coagulée, dont la marche paraît mieux cadrer avec une formation secondaire de cycles pipéraziques. La marche de l'hydrolyse dans le cas de l'albumine crue n'est d'ailleurs pas incompatible avec une formation secondaire des noyaux, elle s'expliquerait fort bien en admettant que l'action de l'enzyme porte sur des enchaînements tels que soient mis en extrémité de chaîne peptidique des amino-acides spécialement aptes à subir l'anhydrisation, comme la proline d'après Dakin ([1]), l'acide aspartique d'après Bosinelli et Ravenna ([2]), etc. Or, cette spécificité d'action paraît bien résulter des recherches de Steudel, Ellinghauss et Gottschalk sur la vitesse de clivage des groupes CO OH et NH^2 des diverses protéines par la pepsine ([3]).

De nouvelles recherches sont néanmoins nécessaires avant de conclure définitivement à la présence ou l'absence des diacipipérazines dans les protéines naturelles.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la constitution de l'appareil nucléaire chez les Infusoires : les* Anoplophryimorphes ([4]). Note ([5]) de M. **Jean Delphy**, transmise par M. Henneguy.

J'ai déjà indiqué ([6]) que le macronucléus des Anoplophryes, d'aspect homogène *in vivo*, montre à un examen aidé de moyens relativement simples une hétérogénéité remarquable : sous l'action ménagée du carmin acétique de Schneider, on y voit se révéler des zones successives dont l'affinité pour le colorant est très inégale. Une telle hétérogénéité n'avait rien pour surprendre, étant donné ce que l'on sait sur le polymorphisme général de l'appareil nucléaire chez les Infusoires. Tout au plus cela pouvait-il apparaître, d'un point de vue morphologique, comme rattachant les macro-

([1]) H.-D. Dakin, *Journ. biol. Chem.*, **44**, 1920, p. 499-529.

([2]) C. Ravenna et G. Bosinelli, *Atti Ac. Lincei*, **28**, 1919, p. 137-139 et 281-288.

([3]) H. Steudel, J. Ellinghaus et A. Gottschalk, *Zeit. physiol. Chem.*, **154**, 1926, p. 21-33 et 198-202.

([4]) *Anoplophryinæ* de Léger et Duboscq (1904), *Infusoires astomes* de Cépède (1910). Il est en effet nécessaire de séparer rigoureusement les Opalines (*sens. lat.*) et les Anoplophryes (*sens. lat.*); mais, si l'on tient à conserver le mot Astomata, celui-ci doit (par simple application de la loi de priorité, loi fondamentale de la nomenclature) être réservé aux Opalines.

([5]) Séance du 28 novembre 1927.

([6]) *Bull. Mus.*, Paris, n° 7, 1922, p. 530 et suiv. (notamment fig. A.1 et C.5).

nucléus rubanés ou en forme de boudin, si fréquents chez les Infusoires, à ceux qui sont moniliformes, tels qu'on les observe notamment chez certains Hétérotriches.

Encore fallait-il examiner de plus près les conditions de cette hétérogénéité. C'est ce que permet l'application de certains procédés cytologiques, ceux qui permettent notamment de déceler dans les noyaux divers constituants (en y comprenant telles techniques, comme celle de Regaud, qui n'ont pas été imaginées pour l'étude du noyau). La simple application du carmin acétique de Schneider, ainsi que je l'ai rappelé plus haut, donne déjà des résultats très intéressants [1]; il n'en est pas de même du vert de méthyle qui, soit seul, soit acétifié, m'a toujours donné des colorations floues et indistinctes. Il se produit il est vrai une contraction regrettable du noyau, qui paraît bien due à l'action de l'acide acétique. Mais cela n'a pas une grande importance pour la suite des constatations. En effet, quand on fait, après n'importe quelle fixation d'usage courant (liquide de Bouin, aqueux ou alcoolique, sublimé acétique, etc.), une coloration à l'hématoxyline ferrique, suivant la technique de Heidenhain ou mieux celle de Benda (il faut surveiller très soigneusement la régression), on est frappé de la grande diminution du diamètre relatif du macronucléus. Alors que celui-ci occupe sur le vivant le tiers environ de la largeur du corps, sur les exemplaires traités par le carmin acétique entre le quart et le tiers, l'hématoxyline colore seulement une bandelette qui en fait le cinquième environ, et qui, contrairement à ce qu'on voit dans les cas précédents, est irrégulière, granuleuse et plus ou moins atténuée à ses extrémités. Si l'on combine avec cette coloration celle que donne le Bordeaux R ou la safranine, on voit alors que l'hématoxyline ferrique ne colore qu'une partie, axiale, du noyau. On est tenté de croire que celui-ci possède une substance sidérophile interne mal délimitée, entourée d'une substance de nature différente.

On ne peut accuser le mode de fixation de produire des artifices, car on peut appliquer ici avec succès un procédé apparemment grossier, qui donne très souvent une conservation morphologique parfaite : la simple dessiccation sur lame des *Mesnilella* recueillis soit simplement dans l'eau, soit peut-être mieux, semble-t-il, dans le liquide de Ringer (on lave naturellement ensuite pour enlever les sels cristallisés). Dans ce cas, aucun agent chimique n'intervenant, il est permis de croire que seule la structure physique du noyau est sensiblement modifiée (quoique cette simple dessiccation doive

---

[1] Elle permet notamment de mettre en évidence avec la plus grande facilité et la plus grande netteté le micronucléus; Cépède exagère quand il dit (*Bull. Soc. Zool. de France*, 48, 1923, p. 110) que « c'est avec une technique très fine et avec un fort grossissement qu'on peut distinguer ce délicat organite ».

bien provoquer des réactions entre la cellule et le milieu ambiant ou dans la cellule elle-même capables d'altérer la composition des diverses parties).

Mais si, après un mode de fixation quelconque qui n'y soit pas contraire, ou qui y soit favorable comme le formol bichromaté, on applique aux *Mesnilella* la technique de Regaud, on obtient des résultats bien différents de ceux qui ont été relatés ci-dessus. On voit, en effet, le macronucléus formé d'une masse, apparemment homogène, centrale, qui se colore bien par la safranine, par exemple, entourée d'une couche corticale assez mince qui garde seule l'hématoxyline (1). On a des résultats quelque peu semblables en employant, sans hématoxyline, et violet de gentiane et safranine, mais c'est là une technique à préciser.

Dans toutes ces conditions, le micronucléus apparaît comme une petite masse compacte, qui retient fortement l'hématoxyline.

PROTISTOLOGIE. — *Particularités du noyau chez les Trypanosomes du groupe* brucei, *d'isolement récent*. Note de M. **G. Lavier**, présentée par M. F. Mesnil.

Au cours du séjour récent en Uganda, de la Commission Internationale de la Maladie du Sommeil organisée sous les auspices de la Société des Nations, j'ai eu l'occasion d'étudier un certain nombre de souches de trypanosomes appartenant au groupe *brucei* (*T. gambiense*, *T. rhodesiense* et *T. brucei* proprement dit) et toutes récemment isolées. L'aspect du flagellé, dans ces conditions, s'écarte un peu de ce que l'on en sait par les descriptions classiques qui furent faites surtout d'après des souches conservées dans les laboratoires européens. Nous ne verrons ici que ce qui concerne le noyau.

Le noyau n'est pas visible chez l'animal vivant, mais il peut être mis en évidence par certains colorants vitaux. França, qui avait noté la coloration vitale du caryosome, par la pyronine, chez les trypanosomes de batraciens, dit n'avoir pu l'obtenir chez les trypanosomes de mammifères. Elle est cependant très nettement observable en ajoutant au sang parasité une goutte de solution de pyronine à 1 pour 2000 dans l'eau physiologique; si

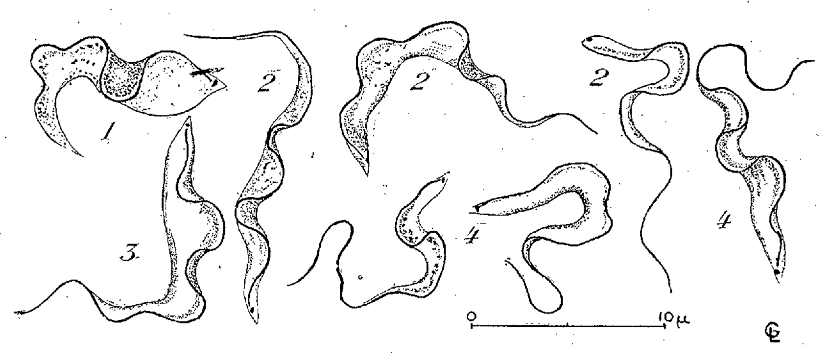
(1) On a alors des figures qui ressemblent à celles qu'a données M. Lenoir [*Évolution des Chromatines* (*Arch. de Morphol.*, fasc. 26, 1926, p. 1)]; cet auteur parlerait sans doute d'une inversion des colorations.

l'on observe alors à l'objectif à immersion le trypanosome vivant, on voit que seule est colorée en rose une granulation unique que sa situation révèle comme étant le caryosome; après 15 minutes environ, la coloration diffuse dans le cytoplasme et le trypanosome meurt rapidement; d'autres produits, mais à des doses rapidement toxiques, permettent également de colorer le caryosome; tels sont le bleu de méthylène, le sulfate de bleu de Nil, le dahlia. Ces colorations sur le vivant montrent donc que la structure du noyau est bien celle que l'on rencontre dans les préparations fixées humides et non celle que montrent les frottis secs après coloration par la méthode de Romanowski.

La situation du noyau est généralement centrale; cependant un certain nombre d'individus appartenant pour la plus grande partie à la forme courte et trapue ont le noyau nettement déplacé soit vers l'arrière, soit vers l'avant. J'ai pu observer cette déviation du noyau dans toutes les souches que j'ai étudiées; on ne saurait donc voir en elle un caractère de distinction spécifique dans le groupe, et cela est important car il a été généralement admis jusqu'à maintenant que *Trypanosoma gambiense* ne présentait pas de formes à noyau dévié vers l'arrière (formes postéronucléaires), alors que de telles formes sont facilement observables avec *Trypanosoma rhodesiense* et *T. brucei*. En réalité, les sept souches de *T. gambiense* que j'ai étudiées m'ont montré chez le cobaye des formes à noyau complètement déviées vers l'arrière ou vers l'avant. Ces formes sont, il est vrai, beaucoup moins abondantes qu'avec les autres souches et exigent une recherche particulièrement longue. Ce caractère doit en outre disparaître, par passages successifs, plus rapidement chez *T. gambiense*. J'ai montré, dans le rapport provisoire de la Commission, que cette déviation du noyau, soit vers l'avant, soit vers l'arrière, était produite par le processus de division du trypanosome. Quelle que soit d'ailleurs la situation du noyau, sa structure est toujours identique; elle est d'ailleurs bien connue et je n'ai rien à ajouter à ce qu'ont écrit sur ce sujet mes nombreux devanciers.

J'ai pu toutefois faire une constatation intéressante : dans certaines conditions de l'infection du cobaye, on rencontre dans les frottis des individus totalement dépourvus de noyau; il ne s'agit pas d'artifices de préparation : ces individus sont intacts et leurs voisins bien colorés; de plus leur attitude montre clairement qu'ils étaient parfaitement vivants au moment où le fixateur les a atteints. Ils ont un cytoplasme généralement très pâle et très pauvre en inclusions, quand même il y en a. Ils peuvent se rencontrer facilement avec un peu de patience à certaines époques de l'infection du cobaye où les formes en division sont particulièrement nombreuses et atypiques; cela du

moins avec *Trypanosoma rhodesiense* et *T. brucei;* chez *T. gambiense* où l'infection est toujours plus pauvre, je n'ai pu effectuer une recherche suffisante, mais il est fort probable qu'elles existent aussi, quoique vraisemblablement plus rares. La coexistence de ces formes avec les divisions atypiques permet de présumer de leur origine, et en effet l'étude du mécanisme de la division explique facilement comment elles peuvent prendre naissance.



Trypanosomes sans noyau : 1. *T. rhodesiense* (souche du Congo belge); 2. *T. brucei* (souche de l'Uganda); 3. *T. brucei* (souche du Tanganyka); 4. *T. rhodesiense* (souche du Tanganyka). Toutes ces formes ont été observées dans le sang du cobaye, à l'exception de 3, observé chez le rat blanc.

Les formes dépourvues de noyau ne sont pas une nouveauté chez les Herpétomonadidés. Prowazek, Flu, Brumpt, Berliner en ont déjà signalé et les ont interprétées comme des individus dégénérés. En réalité, on ne saurait, pour ces formes au moins dans le groupe *brucei*, parler de dégénérescence du noyau; elles en sont en effet toujours dépourvues. Dans les périodes de division intense, le synchronisme nécessaire dans la division des organules pour que les deux individus nouveaux soient complets n'est plus observé. S'il y a retard du noyau, un des individus conserve le noyau unique, l'autre individu en est totalement dépourvu. Les formes qui naissent sans noyau peuvent fort bien, comme le suggérait déjà Berliner, être susceptibles de vivre, au moins pendant peu de temps; la division a amené en effet une partie des réserves de la génération précédente et la mort survient sans doute pour l'individu après leur épuisement. Il n'est même pas impossible, tant est grande chez ces flagellés l'indépendance des constituants cellulaires, que chez un tel individu dépourvu de noyau, le blépharoplaste et le corps parabasal puissent commencer à se diviser, et cela expliquerait le cas observé par Breinl et Jirovec chez *Trypanosoma lewisi* sans invoquer, comme ces auteurs, la nature nucléaire du kinétonucléus, nature qu'aucun argument ne permet plus à l'heure actuelle de soutenir raisonnablement.

PROTISTOLOGIE. — *Sur une Eccrinide nouvelle :* Tæniellopsis orchestiæ nov. gen., nov. sp., *Prôtophyte parasite du rectum de l'*Orchestia bottæ *M. Edw. (Crust. amphipode). Son cycle évolutif.* Note de M. **Raymond Poisson**, présentée par M. F. Mesnil.

Sous les noms génériques d'*Eccrina* et d'*Enterobryus*, Leidy (1849) fit connaître des végétaux parasites du rectum des Myriapodes diplopodes, qui étaient des organismes filamenteux non ramifiés, portant de courtes cellules terminales à leur extrémité libre. Ch. Robin observa à nouveau en 1851 ces mêmes parasites et les rapprocha des Saprolégniées, alors que Leidy en faisait des Confervacées. Mais, en 1905, Léger et Duboscq (1) retrouvèrent ces organismes chez divers Diplopodes et chez des Crustacés et décrivirent pour la première fois le cycle de l'un d'entre eux : *Arundinula* (*Arundinella*) *capitata* Lég. et Dub., parasite intestinal d'un Pagure (*Paguristes oculatus* Fab.). Dans le même travail, ces auteurs indiquent les principales raisons qui justifient la création d'un groupe nouveau, celui des Eccrinides, destiné à réunir tous ces curieux Protophytes dont les « organismes les plus voisins paraissent être les *Amœbidium* » (2).

Dans la suite, Léger et Duboscq étudièrent le cycle évolutif de plusieurs autres formes infestant soit des Diplopodes (1906) (3), soit des Insectes (1916) (4), soit des Crustacés (1911) (5). Mais, si l'on connaît déjà un certain nombre d'espèces d'Eccrinides parasites des Crustacés décapodes, il n'en est pas de même en ce qui concerne les Isopodes (Léger et Duboscq, L. Mercier, 1914) (6) et surtout les Amphipodes. En effet, il n'a été signalé jusqu'ici, chez ces derniers, qu'une seule forme, *Eccrinella gammari* Lég. et Dub., parasite du *Gammarus pulex* L. Le but de cette Note est précisément de résumer le cycle évolutif d'une autre Eccrinide, nettement différente de l'*Eccrinella*, et parasite du rectum de l'*Orchestia bottæ* M. Edw. Elle me paraît devoir constituer un genre nouveau; je la désignerai sous le

(1) *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 425.
(2) Les Amœbidiacées, comprenant le genre *Amœbidium* Cienk., constituent actuellement une famille des Eccrinides (J. L. Lichtenstein, *Arch. Zool. exp. et gén.*, 56, 1917, n. et r., n° 3, p. 49, et n° 4, p. 95).
(3) *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 590.
(4) *Arch. Zool. exp. et gén.*, 56, 1916, n. et r., n° 2, p. 21.
(5) *Ann. Univ. Grenoble*, 23, 1911, p. 139.
(6) *C. R. Soc. Biol.*, 76, 1914, p. 600.

nom de *Tæniellopsis orchestiæ* nov. gen., nov. sp., afin de rappeler sa parenté avec les *Tæniella*, Eccrinides également parasites de Crustacés, dont une espèce, *T. carcini* Lég. et Dub., s'observe chez le *Carcinus mænas* L., tandis qu'une autre espèce, *T. longa* Lég. et Dub., infeste *Eupagurus excavatus* Herbst.

Stades jeunes et adultes. — L'Eccrinide est exclusivement localisée dans la partie postérieure du rectum de l'*Orchestia*, auquel elle adhère par un pavillon peu développé. Les stades adultes ont l'aspect de filaments presque rectilignes mesurant jusqu'à 1200^{μ} de longueur. Les formes très jeunes ressemblent à de petites massues; elles mesurent de 30 à 35^{μ} de long sur 12^{μ} de large au sommet. Puis, il se différencie à l'extrémité libre un article plus renflé (gland), d'*apparence fertile*.

Chez les formes adultes, ce dernier caractère devient de moins en moins apparent et le filament offre alors sensiblement le même diamètre d'une extrémité à l'autre. L'extrémité distale des filaments adultes peut être arrondie, mais elle peut aussi se terminer par un petit tubercule central, ou, le plus souvent, *par deux tubercules latéraux très caractéristiques*. Il arrive parfois, dans ce cas, que le dernier article distal du filament est stérile.

Filaments à macroconidies. — Ces filaments peuvent atteindre 1200^{μ} de longueur sur 20 à 25^{μ} de largeur. Leur région distale est divisée en un certain nombre de segments de 60 à 110^{μ} de long dont chacun comprend une dizaine de noyaux environ. A maturité, ces segments laissent échapper par un orifice proximal latéral les éléments qu'ils contiennent. Ce sont là les macroconidies ou endoconidies de L. Mercier. Elles se fixent immédiatement sur la cuticule rectale et s'accroissent.

Filaments à microconidies. — Ils sont aussi longs en général que ceux à macroconidies, mais leur diamètre est moindre. Toute leur portion distale (un tiers environ de la longueur totale du filament) est segmentée en une série d'articles uninucléés; chacun d'eux représente une microconidie. Le comportement de ces éléments paraît, en somme, être identique à celui des macroconidies.

Spores durables. — Certains filaments, d'apparence à macroconidies, présentent une teinte plus foncée que les autres. Leur diamètre est supérieur à celui des filaments à microconidies, leur cytoplasme est bourré de réserves et bien moins vacuolaire que celui des filaments à macroconidies. Leur portion distale se segmente, mais tardivement, en articles uninucléés. Au voisinage de la mue de l'hôte, il se différencie à l'intérieur de chacun des articles un élément ellipsoïdal uninucléé, à parois épaisses, et que je considère comme représentant un spore. L'expulsion des spores se fait *au moment de la mue* de l'*Orchestia*. Elle est grandement facilitée par la contraction et l'enroulement en spirale du filament sporifère qui se produit à ce moment. Ces spores mesurent 30 à 38^{μ} de long sur 9 à 12^{μ} de large.

A noter que toutes les spores ne doivent pas se former aussi simplement. J'ai constaté, en effet, dans deux filaments, la segmentation du cytoplasme en *articles binucléés dont les noyaux s'unissent ensuite;* mais je n'ai pas encore observé la sporulation de ces éléments.

PHYSIOPATHOLOGIE. — *Lois de l'action pathogène.*
Note (¹) de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

La physiologie semble devoir fournir les lois de l'action pathogène et de la réaction défensive de l'organisme.

I. *Effet de masse.* — Tout d'abord on observe que, parmi germes et parasites, ce sont les *formes rondes* qui prédominent; elles caractérisent le groupe des Sporozoaires où les *Coccidies*, les *Hématozoaires* sont des globules sphériques. *Or la forme sphérique enferme le maximum de matière sous une surface déterminée.* Cette diminution de la surface rend les germes plus résistants; et l'accroissement relatif de leur masse rend plus efficace leur énergie de destruction. *L'action pathogène est donc proportionnelle à la masse relative du germe.*

Pour augmenter cette masse, on voit, par exemple, que les Coccidies se groupent (Duboscq et Léger); et ce groupement en files « nombreuses et serrées » tend à épuiser les ressources nutritives de la zone attaquée. De même, on sait que « la vitesse d'action des ferments figurés (levure de bière) est proportionnelle à leur masse » (Sabatier). Enfin, dans une série d'expériences remarquables, Calmette établit que « la durée moyenne de l'évolution de la tuberculose expérimentale est inversement proportionnelle à la quantité des bacilles inoculés » (²). Il trouve 105 jours pour 40000 bacilles, 90 et 70 jours en inoculant aux lapins 80000 et 400000 bacilles.

II. *Mécanisme de l'action pathogène.* — Comme on vient de le dire, le parasite vit aux dépens des cellules; il les anémie, les affaiblit, en les privant de la majeure partie des éléments nutritifs. Et bien qu'il offre à l'absorption alimentaire une *surface minimum*, elle suffit à son métabolisme; il la réduit même en cas de milieu défavorable, toxique. Si ce milieu est appauvri, le microbe s'allonge, s'effile et augmente ainsi sa surface. Le *polymorphisme microbien* est une condition d'équilibre physiologique.

Mais l'action pathogène reste fonction de la masse, ou, si l'on préfère, *de la sécrétion* de cette masse dont *la virulence* obéit aux circonstances actuelles et à l'hérédité. La sécrétion ou toxine se porte, comme dans les phénomènes de *catalyse*, sur un élément protidique de la cellule infectée

(¹) Séance du 28 novembre 1927.
(²) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1197.

(c'est ce qui a été montré par Piettre sur les *hémolysines* et *agglutinines*). Elle s'y fixe, s'y *adsorbe;* on veut même qu'elle s'y combine (Piettre). Le résultat de cette union profonde est généralement histolytique; c'est une dislocation du corps cellulaire avec formation de grumeaux protoplasmiques plus ou moins coagulés. D'où s'ensuit une difficulté croissante des oxydations organiques, *une mort asphyxique de la cellule.* La maladie est donc, comme l'avait dit Pasteur, une lutte entre le microbe (asphyxiant) et la cellule (qui vit d'oxygène).

Toutefois, l'action pathogène n'est pas instantanée; les toxines s'adsorbent avec une vitesse *finie* comme dans les phénomènes de la Chimie, l'éthérification par exemple. Il se constitue dans l'économie des *complexes infectieux* plus ou moins stables, rappelant les « corps intermédiaires » de la catalyse, ou « phases transitoires » de Gibbs. Cette démonstration, nous l'avions esquissée à propos de la coagulation par toxines (*Comptes rendus*, 1924 et 1925), et développée ensuite en rapportant les travaux de Calmette ([1]). Nous avions même établi en 1923 ([2]) qu'un élément gazeux, l'oxygène, s'adsorbe sur les hématies et se libère *progressivement*; ce que des recherches plus récentes ont confirmé.

Conclusion. — L'action pathogène est une action de masse des germes nuisibles par leurs sécrétions, et en équilibre physiologique avec le milieu par des effets de surface. Elle procède par combinaisons organiques stables ou instables suivant les cas, et elle détermine, à une vitesse finie, l'histolyse et l'asphyxie cellulaires, épuisant d'autre part les ressources nutritives et la vitalité du tissu attaqué. Cela permet souvent d'organiser la défense de l'économie.

A 16h15m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

E. P.

([1]) Jules Amar, *Hygiène et organisation sociales*, p. 545 et 546; Paris, 1927; Dunod, édit.

([2]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 390.

ERRATA.

(Séance du 16 mai 1927.)

Notice nécrologique sur M. *Gustave André* :

Page 1145, reporter la première phrase de la ligne 5 à la ligne 10, après pour elles, et *lire* La nature n'avait pas perdu ses droits sur ce fils d'artiste, né de l'architecte Louis-Jules André.

(Séance du 7 novembre 1927.)

Note de M. *Fred Vlès* et M[lle] *Madeleine Gex*, Les propriétés optiques de la sulfonecyanine dans différentes solutions salines et leur application à la comparaison des sels :

Page 946, ligne 4, *au lieu de* intervient, directement ou indirectement, la concentration du sel, *lire* intervient, directement ou indirectement, l'activité du sel.

(Séance du 21 novembre 1927.)

Note de M. *Henri Bénard*, Sur les tourbillons cellulaires et la théorie de Rayleigh :

Page 1111, ligne 7, l'appel de note doit être placé à la fin de la deuxième ligne.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 12 DÉCEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

En ouvrant la séance, M. **CHARLES BARROIS** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

L'Académie des Sciences passant de centenaire en centenaire, de Berthelot à Fresnel, à Pinel, à Marc Seguin, à Vulpian, a poursuivi, en 1927, ses hautes destinées, sur la voie sacrée, où resplendissent l'Institut de Pasteur et la maison de Berthelot. En ce jour, elle s'arrête pieusement devant la terre fraîchement remuée où reposent, alignés sur la voie montante, ceux de ses membres et correspondants tombés en cours de route, après avoir combattu, en frères liés par le culte de la pensée, les batailles de la science et contribué de concert à la marche du progrès humain.

L'Académie adresse un dernier et reconnaissant salut à la mémoire de ses six correspondants étrangers, morts en 1927, MM. MITTAG-LEFFLER, FREDHOLM, pour la section de Géométrie, Sir GEORGE GREENHILL, pour la section de Mécanique, M. SVANTE ARRHENIUS, pour la section de Physique générale, M. TSCHERMAK, pour la section de Minéralogie, M. GRÆBE, pour la section de Chimie; à la mémoire de ses deux correspondants nationaux, M. ÉMILE SCHWOERER, pour la section de Mécanique, auteur de travaux si appréciés de Thermodynamique appliquée, M. ANTOINE BALLAND, pour la section d'Économie rurale, arrivé à faire profiter à la fois la santé publique et l'Agronomie de l'application de ses connaissances théoriques.

Les *Comptes rendus* de nos séances ont retracé l'œuvre et la vie de ces confrères disparus, infiniment regrettés.

Quatre membres titulaires sont morts au cours de l'année, qui nous

étaient attachés par des liens de confraternité, de doubles liens même, puisque parmi eux il en était qui nous appartenaient au double titre du mérite et de l'hérédité. Notre souvenir, ordonné et reconnaissant, s'élèvera d'abord vers ceux qui nous avaient donné M. *Daniel Berthelot* et M. *Gustave André*, vers *Marcelin Berthelot*, notre maître, membre de tant de nos Académies nationales, vers *Louis-Jules André*, membre de l'Académie des Beaux-Arts; nous leur adressons notre hommage. La France, si noblement fière de ses enfants, l'est plus encore des races auxquelles elle a donné le jour, confiante en ces lois immuables de la nature qui placent, dans le perfectionnement des meilleurs, les gages assurés de l'avenir.

La mort, impuissante à séparer les noms de Marcelin Berthelot et de M. Gustave André, unis dans nos esprits par 47 Mémoires écrits en collaboration, a réuni, dans son lugubre inventaire de l'année, M. Gustave André et M. Daniel Berthelot.

Les jours de M. *Gustave André*, partagés entre les laboratoires de Fremy, de Marcelin Berthelot, et le sien, à l'Institut agronomique, se sont écoulés à chercher comment se nourrissaient les plantes? La plupart des grandes questions de la Chimie agricole ont été élucidées par lui, et les résultats acquis sont devenus classiques.

Dans l'examen des phénomènes de la vie des plantes, ce qui dominait pour Marcelin Berthelot, c'était leur explication par les lois ordinaires de la Physique et de la Chimie; ce qu'y cherchait de préférence M. G. André, c'était la connaissance exacte et précise de ces phénomènes en eux-mêmes et des conditions de leur fonctionnement, dans des conditions variées. Professeur de Chimie agricole à l'Institut national agronomique, son activité restait fidèlement attachée au service de l'agriculture.

Analyste habile autant qu'expérimentateur zélé, son nom restera associé à ceux des maîtres de la chimie agricole, qui ont montré l'importance relative des divers éléments du sol, pour le développement des plantes, la façon dont ils se fixent dans les tissus, les procédés par lesquels la plante réalise les synthèses indispensables à sa croissance, les conditions favorables à son évolution et les moyens mis à la disposition de l'homme pour y satisfaire.

Son œuvre, si documentée, est une réserve de richesse où toute une génération d'agriculteurs a puisé largement, un fonds où il y a tout à prendre et rien à négliger pour qui veut en user pleinement.

De son illustre père, M. Daniel Berthelot avait reçu le goût des sciences, l'amour et le besoin de la culture générale; comme lui, il a laissé parmi nous, en mourant, un nom, un grand vide et beaucoup d'amis.

La Physique, la Chimie lui sont redevables d'importantes recherches sur divers points délicats de la Mécanique chimique, notamment sur la constante des gaz parfaits, la plus importante des constantes physico-chimiques, donnée pour la première fois. Par l'emploi des rayons ultra-violets, il est arrivé à la découverte de phénomènes de photosynthèse, de photolyse, à la production de corps nouveaux du plus haut intérêt, et à mettre en action la fonction chorophyllienne des plantes.

Mais non seulement M. Daniel Berthelot s'intéressait à la recherche de la vérité, il y intéressait les autres. Tous nous l'avons entendu. Tous nous l'avons applaudi, partagés sur le seul point de ce qu'il fallait le plus louer en lui, de l'originalité de son œuvre, ou de la valeur de ses exposés.

Doué à profusion de l'imagination créatrice qui ouvre les voies, inspiré par le contact stimulant, où il se plaisait vivre, des hommes d'action et de la jeunesse studieuse en quête d'un but, il avait su développer en son âme les qualités qui permettent d'y aboutir, et les énergies qui y portent les autres.

Aussi fut-il à la fois un grand savant et un grand maître.

Par le choix et l'ingéniosité des méthodes qu'il mettait en œuvre, comme par la précision des observations et la sagacité de ses aperçus théoriques, M. Daniel Berthelot s'est classé parmi les expérimentateurs les plus habiles et les plus avisés de notre temps. La voix publique l'a classé plus haut encore, au premier rang des maîtres, tant il avait su faire apprécier de tous, son talent, qui était grand, et son dévouement à la chose publique, qui était sans limites.

La section de Minéralogie a perdu en M. Émile Haug un savant passionné pour le travail et la retraite, également remarquable par son ardeur sur le terrain, son activité au laboratoire, et l'étendue de son érudition.

Professeur de Géologie à la Sorbonne, il sut dans son enseignement et dans un Traité didactique général, s'élever à la considération des problèmes géologiques les plus hauts, les plus beaux à ses yeux par leur portée philosophique. C'est dans l'observation pure qu'il cherchait la solution des problèmes qui l'attiraient; dans nos collections nationales de paléontologie, la solution du développement du monde organique; dans les chaînes alpines, celle du mécanisme qui préside à l'évolution des chaînes de montagnes et des continents.

Les années que M. Haug consacra à l'étude des Ammonites, le talent avec lequel il pénétra dans la foule immense de leurs formes spécifiques, leur infinie variété et le détail de leur anatomie, jointe à la précision de ses

données sur leur ordre de succession, lui ont permis d'avancer plus qu'aucun autre dans la connaissance exacte de leurs relations et d'entrevoir leur filiation dans la série des temps.

C'est dans l'étude des montagnes cependant que M. Haug donna surtout sa mesure. « Nul, disait celui de nos confrères qui connaît le mieux les Alpes, n'a poussé plus loin que Haug l'étude des faciès dans ces montagnes, et ses travaux de stratigraphie sont venus corroborer merveilleusement le système tectonique de la chaîne et le parachever ».

Pour lui, les phénomènes de plissement (mouvements orogéniques) qui ont produit les synclinaux et les nappes horizontales ne sont pas les seuls qui aient affecté l'écorce terrestre; il en est d'autres (mouvements épeirogéniques) dont il a pu montrer l'importance et qui se traduisent par des oscillations verticales de la surface; ils affectent les zones plissées, mais surtout les aires continentales qui les enserrent, et ils produisent les transgressions et les régressions des terrains sédimentaires.

M. Haug a tenu une grande place dans la géologie de notre temps.

Si, comme l'a écrit une main autorisée, « une des plus grandes obligations qu'un homme puisse avoir à un homme, c'est d'être instruit », l'Académie doit une bien grande obligation à M. Haton de la Goupillière, qui pendant 33 ans comme Professeur, 13 ans comme Directeur, instruisit à l'École des Mines tant de nos lauréats et de nos futurs confrères.

Dès sa sortie de l'École, M. Haton de la Goupillière, qui devait entrer jeune dans notre compagnie, s'était fait remarquer par sa production scientifique précoce et avait débuté comme Mathématicien et comme Physicien dans notre Recueil de Savants étrangers : la destinée de M. Haton de la Goupillière était de donner l'exemple, et de le donner jusqu'à la mort, puisqu'il mourut Doyen des membres libres, et Doyen de notre Académie, à l'âge de 94 ans.

Nulle carrière ne fut plus belle, plus honorablement remplie que la sienne, si noblement partagée entre le corps des Mines dont il présidait le Conseil général, et la science à laquelle il fournit de si précieuses contributions.

La Mécanique rationnelle et la Géométrie furent particulièrement l'objet de ses recherches. Ses travaux sur les développées et les développoïdes successives des courbes planes, sur les méthodes de transformation en Géométrie et en Physique mathématique, sur la géométrie des masses, ont trouvé dans le suffrage de Joseph Bertrand celui du meilleur des juges. D'autre

part, nul n'apportait dans sa production plus de variété que lui; on le voyait passer, comme sans effort, des mathématiques à la mécanique, de la science pure à la grande industrie, visitant les mines et codifiant en quelque sorte les méthodes de leur exploitation dans son cours, resté célèbre, d'Exploitation des Mines.

Ses observations fondamentales sur le grisou furent le point de départ de cette grande Commission du grisou qui rendit de si éminents services, et que les recherches de nos confrères Mallard, M. Le Chatelier et leurs successeurs ont rendu fameuse.

L'importance de l'œuvre scientifique de M. C. D. Walcott, mort à Washington, assure pour toujours, contre l'oubli, le nom de notre associé étranger. La Fortune clairvoyante (ce jour-là) l'avait fait naître en un pays où il lui était réservé de trouver à la fois des documents uniques, pour l'histoire de la vie sur la terre, et un gouvernement assez éclairé pour fournir les moyens matériels nécessaires à leur mise en valeur.

Remarquable par son immensité, l'œuvre de M. Walcott connut des succès retentissants. Que l'auteur s'appliquât à l'étude de sujets apparemment épuisés où tous avaient fouillé avant lui, ou qu'il pénétrât dans des contrées inexplorées où nul n'avait mis la main, partout il découvrait des merveilles et faisait la lumière.

Tous les paléontologistes du monde avaient étudié avant lui les Trilobites, ces êtres les plus élevés en organisation des premiers temps, sans arriver à voir leurs appendices, leur organisation, sans pouvoir fixer leur classement : depuis l'étude qu'en a faite M. C. D. Walcott, leur anatomie et leur position systématique sont, de l'aveu de tous, fixés d'une façon définitive.

Tous les paléontologistes s'accordaient à déplorer la pauvreté des gisements fossilifères cambriens, les plus anciens accessibles à notre observation; M. C. D. Walcott explore les territoires vierges de l'Alberta et, parmi ces sommets glacés, exhume le plus riche gisement de cet âge connu sur la terre. Il parcourt la vaste contrée qui s'étend de l'Arizona à Terre-Neuve et y trouve des gisements cambriens plus anciens que tous ceux qui étaient décrits. Nul n'a étendu plus que lui nos connaissances sur les premières manifestations de la vie, sur la nature et la succession des premiers êtres.

A lui seul, il a découvert et reconstitué plus d'espèces, des premiers temps, que tous les paléontologistes de sa génération réunis, et, malgré leur éloignement, les légions qu'il fit sortir de la nuit des temps n'ont cessé de

présenter des formes nombreuses, variées, différenciées, distantes des origines.

L'activité de l'Académie s'étend au domaine de la Science, tout entier. Dans cet infini, son attention toujours en éveil, se déplace au cours des temps, pour se fixer suivant les circonstances sur quelque point saillant, sur quelque question d'actualité. De ce nombre m'a paru être, en ce moment, l'histoire de la houille.

Les découvertes de nos confrères, l'évolution des sociétés modernes ont amené au premier rang des préoccupations humaines l'étude, la recherche et la production des matières susceptibles de devenir une source de force. A ces titres, la houille a pris une importance incontestée dans l'univers : l'homme lui emprunte aujourd'hui 62 pour 100 de l'énergie qu'il consomme; l'agriculture et l'industrie, l'art et la science puisent à l'envi dans la riche réserve de matières premières qu'est la houille.

De toutes parts, des progrès éclatants ont été réalisés dans l'art de dépenser la précieuse énergie emmagasinée dans les végétaux de l'époque carbonifère. Des progrès non moins inattendus ont été accomplis dans l'acquisition des connaissances théoriques, depuis qu'au siècle dernier Brongniart faisait connaître à l'Académie les caractères des plantes productrices de la houille. Cependant, à mesure de ces multiples conquêtes, de nouveaux problèmes se sont posés, qui figurent en si bonne place dans le brillant inventaire des énigmes géologiques récemment dressé par un de nos confrères (celui d'entre nous qui s'est le plus vaillamment mesuré avec elles pour « la gloire de la géologie »), que l'Académie pourra trouver dans leur exposé un peu du charme de l'inconnu.

Ce qu'elle n'ignore pas, hélas, c'est que dans la distribution du charbon, la nature a été, — ou très avare envers la France, — ou très confiante en l'énergie des enfants de France; elle ne leur a offert, dans toute l'étendue du bassin franco-belge, où s'alimentent nos mineurs, qu'une épaisseur globale de 50^m de combustible. Ces quelques mètres de charbon, produits, il est vrai, par une accumulation vingt fois plus importante de débris végétaux comprimés et décomposés, constituent la principale richesse minière de notre patrie et le champ de beaucoup de ses savantes recherches. C'est dans ce domaine, un peu fermé, que je vous convie à pénétrer en ce moment, à la suite des Brongniart, des Bertrand, de Grand'Eury, Gosselet, Renault, Zeiller, de tous ceux qui y ont cherché ce qu'il y avait de plus haut, de plus immatériel, dans le charbon, et qui lui ont arraché avec le secret de sa naissance ce qu'il pouvait révéler sur l'agencement des choses, sur l'ordre général du monde.

Cette parcelle de la grande énigme des origines, cachée dans le morceau de charbon, quelle est-elle ?

Pourquoi les plantes si répandues dès le début, à la surface de la terre, avant et après l'époque houillère, ont-elles disparu en ne laissant que de rares empreintes fossiles, simples témoins de leur passage dans les autres époques, tandis que leurs débris se sont conservés dans celle-ci, empilés en quantités massives et suivant des zones déterminées ? Pour quelle cause les 50^{m} de charbon du Nord, au lieu de former une masse cohérente, comme les lignites dans la vallée du Rhin, sont-ils répartis dans un étage stérile 40 fois plus puissant, en un grand nombre de feuillets minces, superposées, parallèles ?

Quelques-uns de ces feuillets, au nombre de 80, constituent des *Veines* assez importantes pour être exploitées; entre eux, il en est d'autres, au nombre de plus de 300, identiques, mais trop minces pour permettre le travail du mineur, et qui, pour cette raison, sont *passées* par lui. *Veines* ou *Passées*, 400 nappes de charbon sont ainsi associées dans le bassin du Nord à 400 couches plus épaisses de terrain stérile; elles alternent entre elles, formant par leur ensemble l'épaisseur de 2000^{m} reconnue à cette formation houillère. Toutes ces couches de charbon, au nombre de 400, sont semblablement formées de débris végétaux, — reposent semblablement sur un *mur*, ancien sol de végétation rempli de racines conservées, — et sont semblablement recouvertes d'un *toit*, où ont été noyées et couchées en de fins sédiments, comme en un herbier, les formes délicates des plantes du charbon, avec leurs inflorescences.

400 fois la forêt marécageuse où croissaient ces plantes, a reculé dans le Nord de la France, au cours de son histoire, noyée sous des invasions de boue ou de sable, comme l'a été au IIIe siècle de notre ère, sous les sables de la plaine maritime des Flandres, la forêt tourbeuse où l'on retrouve encore les monnaies romaines du temps de Postume. 400 fois ensuite, la forêt verdoyante a repris possession du sol carbonifère exondé. Nulle part, en aucun temps, en dehors des temps houillers, une telle récurrence de marais tourbeux, avec forêts et sols de végétation, tour à tour florissants et noyés par des invasions périodiques de vases sableuses, n'a été rencontrée. 400 fois, au cours de ces temps (et ce nombre serre de très près la vérité), les forêts et les flots se succédèrent, suivant une même verticale, dans le bassin du Nord, tandis que son fond, pour loger les nouveaux sédiments arrivants, s'enfonçait à une profondeur de 2000^{m}, réglant par sa descente le rythme des épisodes superficiels.

C'est dans ces profondeurs qu'il va falloir descendre, à la recherche des clefs de notre trésor houiller. Descendons! Éloignons-nous, non sans un dernier regard de regret, de ces régions éthérées, où mon éminent prédécesseur, l'an passé à pareille date, exposait devant vous avec quelle exactitude un géodésien avait pu mesurer l'amplitude des marées de l'écorce terrestre! La Géologie, science jeune, n'a encore à sa disposition que des moyens grossiers pour la mesure de ses grandes marées fossiles; cependant, elle mesure.

Mesurons donc, en descendant, combien est inégal le rythme suivant lequel se sont répétées, à l'époque houillère, les alternances des formations stériles et charbonneuses, des vases et des veines. Les unes ont duré des unités de temps, les autres des milliers d'unités. Celles-ci formées *exclusivement parfois* de débris végétaux déterminés, feuilles, cuticules minces, ou spores (au nombre de plus de 30000 par centimètre cube), ont exigé pour s'accumuler des temps formidables, des milliers de fois plus longs que la durée requise pour l'arrêt d'un banc de sable mouvant, venu enliser et ensevelir des troncs d'arbres, hauts de 7^{m} à 8^{m}, restés debout dans certains bancs stériles. Ici, le travail d'une tempête a suffi, là il a fallu des milliers de siècles.

Épars, parmi ces divers sédiments fins, on trouve parfois des galets charriés par les rivières. Ramassons-les, ils portent leur légende.

Leurs traits n'ont pas été gravés, comme on se plaisait à le supposer du Nord de la France à la Westphalie, dans les massifs paléozoïques voisins des Ardennes ou du Rhin, ni dans leur prolongement souterrain de l'Artois; les galets proviennent, d'après leur composition minéralogique, de contrées méridionales plus lointaines. La statistique [1] de ces galets immigrés, tant dans le bassin du Nord que dans celui de la Sarre, a appris qu'ils étaient

---

[1] Deux veines dans le bassin du Nord ont jusqu'ici livré des galets en quantité appréciable : veine du Nord (Aniche), et veine Edouard (Lens) gisant dans la série normale à 1000^{m} au-dessus de la première. La statistique des galets déterminés dans ces deux gisements a montré qu'aucun ne provenait avec certitude du massif siluro-dévonien de l'Ardenne : les galets de veine du Nord résultent du remaniement des assises inférieures du terrain houiller lui-même dans la proportion de 95 pour 100 (phtanite à radiolaires, grès, quartzite, schiste) et de galets de granite et de gneiss granulitique dans la proportion de 5 pour 100. Les galets de veine Edouard proviennent de même du terrain houiller dans la proportion de 73 pour 100 et de 27 pour 100 d'un massif inconnu de roches cristallines, granitiques et porphyriques.

La statistique des galets recueillis dans le bassin de la Sarre a fourni des résultats comparables : les galets des charbons gras, des couches de Rothell à Sainte-Fontaine,

formés aux dépens de roches granitiques et porphyriques d'origine interne, venues de rives distantes; qu'ils avaient voyagé en compagnie d'autres roches d'origine locale, carbonifère cette fois, en proportions très variables suivant les cas. La preuve, apportée par ces derniers, de la remise en circulation et du remaniement répété des mêmes sédiments à l'époque carbonifère *témoigne en dernier ressort* que les galets originels (ceux dont les autres dérivent) étant fournis par des roches cristallines, les sédiments houillers qui les contiennent, dérivent nécessairement du remaniement d'arènes granitiques.

L'intérêt de cette donnée se trouve singulièrement renforcé par une ancienne observation de Sorby. Ce fondateur de la lithologie anglaise avait pu conclure de la considération de la forme des grains de quartz des grès houillers du Nord de l'Angleterre et de leur association à des grains de tourmaline, qu'ils provenaient de la désagrégation des granites d'Écosse.

Nous ne pouvons plus échapper à la conclusion que les couches stériles du bassin houiller de la Sarre et du Nord de la France, schistes et grès feldspathiques, proviennent essentiellement, sinon en totalité, du remaniement par les eaux de l'époque houillère, d'anciennes roches granitiques et porphyriques d'origine interne.

Déjà, E. de Beaumont et Gruner avaient mis en lumière le rôle en France des manifestations volcaniques, à l'époque carbonifère. Déjà, notre génial associé E. Suess, allant plus loin, avait eu la prévision des relations du phénomène houiller avec la surrection de sa chaîne Varisque, pénétrée de roches intrusives. C'est à ces vues que la chaîne armoricaine, avec ses granites et ses fosses houillères, est venue apporter le témoignage de faits précis.

---

sont d'origine houillère dans la proportion de 10 pour 100 (phtanites à radiolaires, grès, schistes), et d'origine lointaine et granitique dans la proportion de 90 pour 100 (granite, aplite, quartz). Les galets des charbons flambants supérieurs, recueillis 900^{m} plus haut dans la série, au puits V de Merlebach, sont houillers 20 pour 100 (phtanite, grès, schiste, quartzite, Tonstein), et granitiques 80 pour 100 (granite à mica blanc, porphyre, quartz). Ce n'est que dans le poudingue de Holz, situé 350^{m} plus haut encore, à la base du Stéphanien, qu'on voit prédominer les galets de quartzite dévonien venus du massif voisin du Taunus.

Cette statistique apprend ainsi, en dernière analyse, grâce à la répétition constatée des remaniements intra-houillers et à la reprise indéfinie des mêmes éléments, que les sédiments stériles de ces bassins proviennent essentiellement de la dénudation de massifs cristallins granitiques, poursuivie depuis le début du Namurien jusqu'à la fin du Westphalien.

Deux faits essentiels furent établis par le Service de la Carte géologique de France : le premier, que les grands massifs granitiques français étaient d'origine intrusive et d'âge carbonifère; le second, que les venues granitiques et les dépressions houillères de la chaîne étaient réparties suivant deux rides parallèles, voisines, symétriques et synchroniques; l'une, continue du Finistère au Plateau Central et aux Vosges, l'autre, du Pays de Galles au Pas-de-Calais et à la Sarre.

Tandis que s'affaissaient les bassins carbonifères, suivant la ride du Nord, d'importantes venues volcaniques s'alignaient, suivant celle du Sud, dès le début des temps dinantiens [1], d'un bout à l'autre de cette chaîne. Leurs produits se retrouvent interstratifiés dans les couches dinantiennes plissées et déformées de l'Armorique, du Plateau Central, des Vosges; mais ce ne fut que plus tard, après le ridement survenu à la fin des temps dinantiens, que s'opéra la mise en place des granites, couvrant une surface cent fois plus étendue que les affleurements des roches volcaniques superficielles.

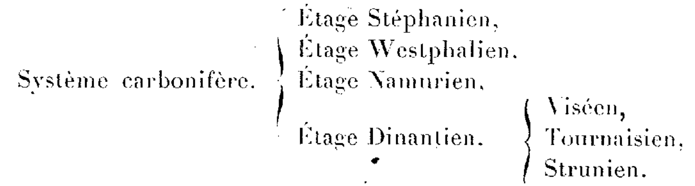
En Bretagne, cette intrusion présente quatre venues granitiques successives, postérieures au Dinantien. La première était déjà terminée au début du Namurien, on en ramasse des produits roulés à la base de cet étage dans la Loire inférieure, à Montjean. Les trois autres, plus récentes, ont pu s'opérer dans la série des temps westphaliens ; on trouve des débris de la plus récente dans les couches stéphaniennes de Quimper.

Il en fut de même dans le Plateau Central, d'après M. Albert Michel-Lévy. L'apparition des granites y est postérieure au Dinantien (Calcaire de Visé) et antérieure au poudingue Namurien [2], qui recouvre ce calcaire.

Il en fut de même encore dans les Vosges, entre le Dinantien et le Westphalien [3].

---

(1) Le classement du Système carbonifère proposé lors du dernier Congrès international des géologues spécialisés dans cette étude (Heerlen, Hollande, juin 1927) est la suivante :


Système carbonifère. { Étage Stéphanien, Étage Westphalien, Étage Namurien, Étage Dinantien. { Viséen, Tournaisien, Strunien.

(2) Je dis *Namurien* et non *Viséen*.

(3) D'après Delesse, Boulay, M. Jung, les granites injectés à diverses reprises dans les grauwackes dinantiennes de Thann ont été remaniés dans les sédiments westphaliens de Roderen, et dans les stéphaniens (Hury, etc.).

Dans toute cette étendue, la grande période d'activité interne du globe culmine avec les granites namuriens, pour décliner vers l'époque permienne, remplacée par de dernières et puissantes émissions de projections volcaniques acides.

Ainsi, la période carbonifère a été à la fois, en France, celle des plus grandes manifestations de l'activité interne du globe, et celle des plus grandes accumulations houillères.

Des volcans dont nous trouvons les coulées et les projections dans le Dinantien, joints à d'autres dont nous voyons les restes dans le Permien, ont semé à ces deux époques leurs produits dans l'atmosphère suivant un même arc armoricain de l'écorce terrestre, avant et après le dépôt des grands amas végétaux. Leur succession est interrompue, du Namurien au Westphalien, par la mise en place suivant cette même ligne des masses *intrusives* granitiques, devenues comme l'ossature de notre pays.

Durant les phases d'activité volcanique, les sédiments contemporains sont relativement pauvres en débris végétaux, oxydés et disparus, mais remarquablement riches en silice d'origine éruptive, du cortège des rhyolites. Cette silice se montre fixée dans les phtanites dinantiens et namuriens grâce à l'activité des radiolaires de ces temps, tandis qu'elle épigénise les tissus des végétaux silicifiés d'Autun et du Val d'Ajol.

C'est durant les phases d'intrusion souterraine, et à leur suite, que le sol houiller namurien a émergé, que les débris végétaux se sont accumulés, que la dissémination des produits issus des batholites granitiques s'est opérée, ensevelissant sous leur masse les dépôts organiques en formation. C'est lors de cette ascension des magmas granitiques et de leur dénudation subaérienne que la flore houillère présente son plus complet épanouissement.

De cette simple coïncidence, établie par l'observation dans la chaîne armoricaine, découle entre les grands phénomènes de ces temps toute une série de relations si intimes, si constantes, qu'il est permis d'y rechercher un enchaînement naturel, une relation de cause à effet.

Quel qu'ait été le mode de formation, assez énigmatique, du granite, il est arrivé sous pression et chargé d'acide carbonique ([1]), d'eau salée, de phosphore, de potasse, de chaux, éléments favorables à la végétation. La splendeur exubérante des plantes halophytes houillères lui est redevable de tout ce qu'il a apporté d'assimilable dans l'atmosphère et dans le sol de l'époque.

([1]) D'après Sorby, les enclaves liquides qui fournissent les plus inattendus de ces éléments forment $\frac{1}{20}$ de la masse du quartz granitique.

La localisation des granites carbonifères suivant le bord extérieur de la chaîne armoricaine plissée, explique à son tour celle du charbon dans la fosse tectonique qui s'affaissait à son pied; et dans cette vaste dépression, où elles avaient vécu, les dépouilles des forêts marécageuses des Sigillaires et des Cycadofilicinées trouvaient d'autre part des conditions exceptionnelles de conservation, à l'abri de l'air, sous le couvert de troubles granitiques rapidement apportés.

Enfin, n'est-il pas jusqu'au comblement même du bassin par des couches alternativement charbonneuses et stériles, en si grand nombre et de si inégale durée qui ne trouve une raison d'être dans la mise en place et la dénudation du granite. Aux lentes accumulations végétales des veines ont succédé, en effet, pour former les stériles, non pas des sables arrachés laborieusement à leur bassin par des rivières tourbeuses, mais des décharges torrentielles et sporadiques d'arènes juvéniles, abondantes, meubles, peu cohérentes, peu roulées, dérivant de la dénudation des massifs granitiques, et dévalant *périodiquement*, dans la fosse houillère en avalanche, à la suite des intrusions, pour y être étalées finalement, comme des linceuils, sur les zones forestières littorales noyées.

Ces déplacements rapides de masses cherchant leur équilibre ont agi par leur charge sur le fond du bassin, à la façon des glaces quaternaires sur le sol scandinave. Ils ont accéléré périodiquement le lent affaissement séculaire du bassin, jusqu'au moment où parvenant au niveau de base des torrents générateurs, l'affleurement des sédiments venait permettre l'établissement de nouvelles forêts et la lente formation d'une nouvelle veine. Il a suffi, à ces fins, de la conjonction des deux mouvements orogénique et épéirogénique; l'un tectonique, lent et continu, descendant doucement la fosse houillère dans les profondeurs, l'autre eustatique, procédant par saccades, et provoqué par le déplacement des éléments granitiques, du fond à la surface; des batholites, vers les amas des cônes de déjection.

Nos connaissances sur les conditions physiques, qui ont présidé à la genèse de nos réserves houillères, ne vont pas plus loin actuellement. Parvenus au bout de notre *bowette* (tel est le nom que le mineur donne au chemin souterrain qu'il parcourt sa lampe à la main), laissez-moi, au moment de nous séparer, vous demander avec le poète :

« J'ai vu..... Oh! dites-moi, était-ce le présent, ou contemplais-je l'avenir? »

Ai-je, ou non, tenu d'une main assez ferme devant vous, la lampe vacillante du mineur, pour vous faire saisir comment l'importance

exceptionnelle des grands amas de charbon est proportionnelle *dans le temps*, à la grandeur des manifestations de l'activité interne du globe; comment les plissements reconnus de l'écorce terrestre dans la chaîne armoricaine se rattachent, dans l'*espace* et dans leur *ordre de grandeur*, aux émissions consécutives des magmas souterrains; comment la dénudation subaérienne a livré aux torrents destructeurs les batholites granitiques et en a jeté la poussière dans la fosse houillère; comment s'est rétabli dans les plis carbonifères l'équilibre rompu par les déplacements inverses des magmas profonds et des sédiments superficiels; comment ont été ramenés à la surface et à la vie des matériaux immobilisés depuis des millénaires dans les profondeurs armoricaines; comment, grâce au soleil carbonifère, le carbone des enclaves granitiques est passé au tissu végétal vivant; comment enfin et pourquoi se sont succédé et conservés tous les produits juvéniles, enfouis dans ces plis de l'écorce terrestre où gît notre patrimoine houiller?

Si la flamme du géologue a pu, au fond de la mine, faire apparaître à vos yeux les enchaînements qui relient tous ces phénomènes, dirigeons-nous vers la cage, nous pouvons remonter au jour! Au sortir des ténèbres, la grande énigme des bassins houillers vous sera moins lointaine, moins hautaine, plus abordable, envisagée à la lumière des phénomènes tectoniques et intrusifs qui lui sont associés.

Si alors vous croyez avec moi voir dans les manifestations superficielles de l'activité interne du globe les facteurs qui ont revêtu la période houillère de sa riche parure et imprimé à sa figure des traits si particuliers, vous aurez vu, avant beaucoup d'autres, comment la Physique du globe est appelée à expliquer les *caractères distinctifs et la suite même* des périodes géologiques.

Vous reconnaîtrez alors en la Géologie une science, hésitante parfois en ses inductions, mais toujours généreuse, qui non contente d'avoir contribué par l'exploration de ses bassins houillers à la grandeur matérielle du siècle, a servi la Physique, la Chimie, tous ceux qui transforment le charbon, tous ceux qui, en cette séance, m'ont écouté si patiemment, et à qui elle s'est efforcée de dévoiler dans la considération des enchaînements houillers, quelque chose de l'ordre du monde.

Il me reste en terminant à remplir un dernier devoir, le plus doux, celui de souhaiter la bienvenue aux nouveaux confrères qui au cours de l'année

sont venus prendre place parmi nous, et nous ont apporté avec l'éclat de leur nom l'heureuse assurance de nos lendemains, à

M. Charles Fabry, dans la section de Physique générale;
M. Albert Calmette, dans la section d'Économie rurale;
M. Paul Helbronner, dans la division des Académiciens libres;
M. Torres Quevedo, associé étranger;

à huit correspondants :

M. Louis Roy, pour la section de Mécanique;
M. Alexis Carrel, pour la section de Médecine et Chirurgie;
MM. Charles Eugène Guye et John Townsend, pour la section de Physique générale;
M. Louis Ravaz, pour la section d'Économie rurale;
MM. Paul Pascal et Théodore Williams Richards, pour la section de Chimie;
M. H. F. Osborn, pour la section de Minéralogie.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation de nos prix.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1927.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante : *Perfectionner, sur un point important, la dynamique des systèmes non holonomes.*

Aucun mémoire n'a été déposé. Le prix n'est pas décerné et la question est retirée du concours.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue ; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Cerf**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux sur les équations aux dérivées partielles.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Rateau; Mesnager, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Dimitri Sensaud de Lavaud**, ingénieur, pour ses travaux sur le dandinement et le shimmy des voitures automobiles.

Si les gros pneumatiques à basse pression ont amélioré considérablement, aux allures modérées, le confort, ils ont fait apparaître des oscillations, des roues avant, connues sous le nom de « shimmy ». La voiture cesse de marcher en ligne droite pour suivre une ligne ondulée. L'emploi des freins avant est venu augmenter cet inconvénient.

On ne peut y échapper qu'en réduisant la vitesse.

M. **Sensaud de Lavaud** a montré par une analyse mathématique que ces mouvements étaient dus à des résonances, entre les vibrations dont est susceptible l'essieu avant pris entre les ressorts et les pneumatiques, et celles des roues susceptibles de tourner autour de leur pivot. La question étant compliquée par l'effet gyroscopique des roues en rotation, on conçoit qu'elle ait été assez difficile à éclaircir et ait dérouté tant d'observateurs.

Après en avoir établi la théorie, il a pu en vérifier l'exactitude par des applications numériques qui ont montré le bien-fondé de ses hypothèses et permis de remédier aux inconvénients constatés. Les études paraissent conduire à des conclusions pratiques remarquables pour la construction des automobiles.

Par sa valeur à la fois théorique et pratique ce travail nous paraît pleinement mériter le prix Montyon.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Rateau, Mesnager; Kœnigs, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Villat**, correspondant de l'Académie, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la mécanique des fluides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager.)

Le prix est reporté à l'année 1928.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Vincent Nechvile**, astronome tchécoslovaque détaché à l'Observatoire de Paris, pour ses recherches sur les courants d'étoiles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Boussinesq, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lucien d'Azambuja**, astronome à l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux sur les taches, les protubérances et la chromosphère solaires.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux; Andoyer, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Paloque**, astronome à l'Observatoire de Toulouse, pour son travail sur la *théorie analytique du mouvement des planètes troyennes*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Guignard, Douvillé, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier; H. Lecomte, rapporteur.)

M. **Henri Humbert**, chef des travaux de botanique à la Faculté des sciences d'Alger, docteur ès sciences, a déjà effectué deux explorations

botaniques à Madagascar et on lui doit plusieurs Mémoires intéressants relatifs à la flore si spéciale de l'île.

En biologiste avisé, M. Humbert s'intéresse tout spécialement aux questions de phytogéographie, aux facteurs variés susceptibles d'exercer une influence sur la distribution et le groupement des végétaux, et enfin il n'a pas manqué de rechercher et de souligner les affinités de la flore malgache avec celle des îles ou des continents les plus voisins.

Son dernier voyage lui a fourni l'occasion de surprendre, pour ainsi dire sur le fait, la disparition progressive de la forêt primitive, déjà signalée par M. Perrier de la Bâthie, et il a pu rassembler une documentation photographique particulièrement riche et suggestive qui vient illustrer son Mémoire intitulé : *La destruction d'une flore insulaire par le feu*, publié par l'Académie Malgache, dans lequel il met en évidence les trois principales causes — cultures indigènes temporaires en forêt, exploitations forestières abusives et feux de prairies — qui exercent simultanément leur action pour amener la destruction de la végétation sylvestre autochtone et son remplacement par une végétation substituée toute différente, ce qui provoque des modifications importantes du climat et par conséquent des capacités agricoles du pays.

Avec raison, comme MM. Perrier de la Bâthie et l'auteur de ce rapport, il réclame avec force la création, sur certains points de l'île, de ce qu'on a appelé des *Réserves naturelles* où pourraient désormais se conserver, à l'abri de toute exploitation, les plantes et les animaux de la forêt autochtone primitive.

La Commission propose d'attribuer à M. **Henri Humbert** le prix Gay pour 1927.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Guignard, Douvillé, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier; H. Lecomte, rapporteur.)

MM. **Jean Delacour** et **Pierre Jabouille**, correspondants du Muséum national d'Histoire naturelle, se proposent d'établir le bilan des richesses ornithologiques de notre grande colonie de l'Indochine. La première exploration, conduite dans le centre Annam (région de Quangtri), a fourni l'occa-

sion de rassembler plus de 300 espèces d'Oiseaux, dont douze nouvelles, qui sont venues enrichir les collections du Muséum. Les explorateurs, qui accomplissent en ce moment une nouvelle mission en Indochine, ont résumé les résultats de leur premier voyage dans un Mémoire intitulé : *Recherches ornithologiques dans la province de Quangtri*, illustré de 27 planches hors texte dont un certain nombre consacrées à la représentation d'espèces nouvelles ou peu connues.

La Commission propose d'accorder à MM. **Jean Delacour** et **Pierre Jabouille** le prix Tchihatchef pour 1927.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Bourgeois, Kœnigs, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Perrier; Fournier, Fichot, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **André Courtier**, ingénieur hydrographe en chef de la Marine, pour ses travaux sur la rédaction des levés hydrographiques et sur la prédiction des marées;

Un prix de 2500fr à M. **Pierre Changeux**, capitaine de frégate, pour son *Étude générale sur la dynamique des navires ou appareils utilisés en navigation maritime et aérienne;*

Un prix de 1000fr à M. **Édouard Davaux**, professeur à l'École d'application du génie maritime, pour son *Cours d'électrotechnique*.

Rapport de M. Fichot *sur les travaux de M.* **André Courtier**.

M. **André Courtier**, ingénieur hydrographe en chef de la Marine, est l'auteur de deux importants mémoires, publiés depuis plusieurs années

déjà, et dont l'Académie n'a pas encore eu l'occasion de reconnaître la grande valeur scientifique.

Le premier de ces mémoires concerne la prédiction des marées par le calcul à l'aide de la formule harmonique. M. Courtier y donne, par la courbe connue sous le nom d'hypocycloïde à quatre points de rebroussement, une représentation géométrique très élégante de la formule des marées du type mixte, et il en déduit une solution aussi exacte qu'intuitive de toutes les questions pratiques relatives à ce phénomène si complexe.

Dans le second mémoire, M. Courtier s'est proposé la recherche du mode de projection le plus favorable à la représentation d'une aire géographique donnée. En partant de formules précédemment obtenues par Tissot et les transformant par l'introduction des coordonnées géodésiques, il établit les expressions des déformations élémentaires des diverses projections connues, et les compare principalement en vue des levés hydrographiques. Mais les conclusions de M. Courtier ont une portée bien plus générale et elles ont servi de base à l'établissement des plans directeurs en système Lambert, qui ont rendu de si grands services aux armées alliées pendant la guerre.

Ces travaux se distinguent autant par leur caractère scientifique élevé que par l'importance pratique exceptionnelle de leurs résultats.

Votre Commission vous propose de leur attribuer un prix de la Marine de la valeur de 2500fr.

Rapport de M. Fournier *sur les travaux de M.* **Pierre Changeux.**

M. le capitaine de frégate **Changeux** a présenté, à l'appui de sa candidature au prix de 6000fr de la Marine, un volumineux mémoire, de plus de 400 pages, dont il est donc impossible de résumer tous les points importants en une page ou deux.

Je me bornerai, en conséquence, à mettre en relief le principal mérite de cette magistrale étude théorique et expérimentale, qui est : de constituer un *code de sécurité maximum* pour la conduite des nouveaux *dirigeables rigides*, substitués désormais aux *dirigeables souples*, dont les règles de pilotage ont dû être abandonnées, comme produisant souvent sur les *rigides* des effets opposés à ceux qu'on en attendait, et pouvant aboutir, dans certains cas, à des catastrophes.

C'est à élaborer ce nouveau code essentiel de pilotage à l'usage des *dirigeables rigides* que M. le capitaine de frégate Changeux a consacré trois

années de son service à la direction du port de *Cherbourg* à des expériences incessantes, sur des *sous-marins* et des *dirigeables*, par exemple, avec la collaboration de quelques officiers et ingénieurs, et dont il expose méthodiquement les résultats théoriques et pratiques dans le rapport.

Les principales conclusions qu'il a tirées de ces nombreuses expériences peuvent se résumer ainsi :

Les nouveaux *dirigeables* gagneraient, en vitesses, à revêtir des formes les rapprochant de celles des sous-marins, en donnant, par exemple, à leurs couples transversaux, un *profil elliptique,* dont le grand axe serait *horizontal* sur ceux de la partie centrale, et *vertical* sur ceux des extrémités. Le gouvernail arrière *d'altitude* de ces dirigeables nouveaux serait plus puissant que sur les précédents. Enfin, les formes de l'avant permettraient d'y installer un *second gouvernail d'altitude,* comme sur les sous-marins, ces deux gouvernails devant être surtout précieux dans l'exécution de la manœuvre, si importante, de *l'atterrissage,* comme ils le sont sur les sous-marins pour éviter un abordage imminent, *par une plongée rapide*. En outre, il y aurait lieu de renforcer l'avant des dirigeables, afin de le mettre en mesure de résister aux efforts d'arrachement qu'il subit, à son point d'attache, à l'extrémité supérieure de *son mât d'amarrage*, dans un coup de vent violent, imprimant au dirigeable de brusques embardées, incessantes, et d'amplitudes considérables.

Ces quelques citations des nombreuses propositions du rapport en question vous paraîtront, je l'espère, suffisantes pour vous donner une idée de leur importance théorique et pratique, et vous permettre, en conséquence, de solliciter de l'Académie, en faveur de leur auteur, *une part notable*, 2500^{fr}, du prix de la Marine.

Rapport de M. Fichot *sur les travaux de M.* **Édouard Davaux.**

M. **Édouard Davaux**, ingénieur en chef du Génie maritime, déjà bien connu du monde savant par sa traduction française, enrichie de nombreuses notes personnelles, du grand Traité de Physique de Chwolson, vient d'achever à l'École d'application du Génie maritime un cours des applications de l'Électricité qui, en dehors de sa valeur didactique, se distingue par des qualités particulières d'originalité. L'auteur n'a jamais séparé le point de vue théorique des enseignements tirés de la pratique la plus moderne. A cet égard, les quatre volumes de son Cours d'Électrotechnique constituent le guide le plus précieux que puisse avoir à sa disposition l'in-

génieur naval pour l'installation et les essais des appareils électriques qui tiennent une si grande place dans l'aménagement des bâtiments du nouveau programme.

Votre Commission vous propose de reconnaître l'intérêt considérable que présente pour la Marine cette œuvre si personnelle, en attribuant à M. **Davaux** un prix de la Marine de 1000^{fr}.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Perrier; Fichot, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix par parties égales entre :

M. **Étienne Hugé**, ingénieur principal du Génie maritime, pour son Mémoire sur la pulvérisation et la combustion du mazout dans les chaudières marines.

M. **Marcel Gautier**, ingénieur en chef du Génie maritime, pour son Mémoire sur l'utilisation du moteur Diesel.

Rapport sur le Mémoire de M. **E. Hugé** sur la pulvérisation et la combustion du mazout dans les chaudières marines.

M. **Étienne Hugé**, ingénieur principal du Génie maritime, a soumis au jugement de l'Académie un Mémoire résumant ses recherches théoriques et essais sur les brûleurs et la combustion dans les chaudières.

D'après les idées assez confuses qu'on se faisait jusqu'ici sur la pulvérisation mécanique des liquides, on admettait généralement qu'il y avait intérêt à accumuler les discontinuités dans l'écoulement du fluide à l'intérieur du pulvérisateur. Partant du principe absolument contraire, M. Hugé a déterminé par l'analyse les formes les plus favorables qu'il convenait de donner à la méridienne de la cuvette d'écoulement pour assurer à la sortie une bonne pulvérisation. Il a montré ensuite comment le processus de cette pulvérisation est conditionné par la viscosité et la capillarité.

Les conclusions très importantes et très neuves auxquelles il est ainsi conduit se sont trouvées entièrement confirmées par l'expérience, et l'appli-

cation des pulvériseurs de M. **Hugé** aux bâtiments du programme naval a marqué un progrès sensible sur les appareils similaires de provenance étrangère.

Votre Commission vous propose de récompenser ces intéressants travaux par l'attribution de la moitié du Prix Plumey.

Rapport sur les travaux de M. **Gautier**.

M. l'ingénieur en chef du Génie maritime **Marcel Gautier** est l'auteur de plusieurs Mémoires concernant les moteurs Diesel marins de moyenne et grande puissance.

M. Gautier a d'abord fait une étude comparative attentive des deux grands procédés de pulvérisation des combustibles liquides : pulvérisation par fluide auxiliaire et pulvérisation purement mécanique. Puis, portant son attention sur la récupération de l'énergie perdue dans les moteurs Diesel, il a soigneusement étudié les problèmes suivants, d'un haut intérêt pratique : compoundage avec turbine de récupération fonctionnant sur les gaz d'échappement et suralimentation du moteur par turbo-compresseur. Il a spécialement analysé les conditions pratiques de transmission de la chaleur dans les parois des moteurs ainsi que les fatigues qui en découlent.

Enfin, M. Gautier a consacré un important Mémoire aux possibilités d'allégement du moteur Diesel; il conclut en indiquant les dispositions générales susceptibles de permettre la réalisation d'un moteur léger, au moins de moyenne puissance.

La grande importance pratique de ces travaux a paru à votre Commission légitimer l'attribution à M. **Marcel Gautier** de la moitié du Prix Plumey.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Cotton, Fabry; Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gabriel Foëx**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur le magnétisme.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Brillouin, Perrin, Cotton, Fabry; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Sève**, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour son ouvrage sur les courants alternatifs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Brillouin, Perrin, Cotton; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Girault**, ingénieur à la Compagnie Thomson-Houston, pour ses travaux d'électrotechnique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton; Émile Picard, rapporteur.)

La Commssion propose de décerner le prix à M. **Georges Reboul**, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, pour ses recherches sur le rayonnement des corps mauvais conducteurs à travers lesquels passe un courant électrique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Cotton, Fabry; Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de récompenser par le prix Pierson-Perrin, l'un des plus importants dont elle dispose, le labeur du jeune savant qui gardera dans l'Histoire de la Science le mérite d'avoir seul comblé de façon complète l'intervalle qui séparait encore, vers 1920, les derniers rayons ultraviolets et le premier rayon X. M. **Fernand Holweck**, préparateur à l'Institut du radium, a caractérisé des rayons X s'étendant dans tout cet intervalle (500 à 14 angströms de longueur d'onde), et d'ailleurs dotés de propriétés distinctives très remarquables.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton; Villard, rapporteur).

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Alexandre Dauvillier**, ingénieur-chimiste, pour l'aider à poursuivre ses études sur les rayons X de grande longueur d'onde, en particulier au point de vue de leurs propriétés biologiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON (ARTS INSALUBRES).

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Matignon; Desgrez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500^{fr} à M. **Émile Kohn-Abrest**, directeur du laboratoire de toxicologie de la Préfecture de police;

Une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Edmond Rolants**, chef de service à l'Institut Pasteur de Lille, pour son ouvrage intitulé : *Les eaux usées*.

Une partie importante de l'œuvre scientifique de M. **Kohn-Abrest** intéresse spécialement les arts insalubres. Elle a trait aux poisons gazeux, à leur dépistage dans l'air et aux moyens de s'en protéger. Nombre de dispositifs imaginés par lui sont utilisés pour le contrôle de la salubrité des atmosphères variées. C'est, en particulier, à J. Ogier et E. Kohn-Abrest qu'est dû l'excellent procédé classique *au sang*, pour la détermination des traces d'oxyde de carbone dans l'air. En outre des recherches relatives à ce gaz, M. Kohn-Abrest a rendu service à l'hygiène professionnelle par des travaux sur les atmosphères pouvant renfermer les hydrogènes arsénié ou sulfuré, les vapeurs nitreuses, le tétrachloréthane, etc. C'est pour l'ensemble de ces recherches et publications que la Commission propose d'attribuer le Prix Montyon à M. Kohn-Abrest.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon; Moureu, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix par parties égales entre :

M. **Georges Chavanne**, professeur à l'Université libre de Bruxelles, pour l'ensemble de ses travaux;

M. **André Kling**, directeur du Laboratoire municipal, pour l'ensemble de ses travaux.

Rapport sur les travaux de M. **Georges Chavanne.**

Ancien élève de l'École normale supérieure et agrégé des sciences physiques, M. **Chavanne** est depuis vingt ans professeur de chimie générale à l'Université de Bruxelles.

Ses premiers travaux, exécutés à l'École normale dans le laboratoire de Louis Simon, sont relatifs à l'acide isopyromucique. Il en fixa la structure par voie analytique. Ce n'est pas un acide carboxylé, comme son isomère l'acide pyromucique, qui se forme en même temps que lui dans la décomposition à chaud de l'acide mucique en présence de bisulfate de potassium, mais une oxy-α-pyrone; la constitution a été confirmée ultérieurement par MM. Blaise et Gault, qui en ont fait la synthèse à partir de l'éther dioxalsuccinique. Ces longues et délicates recherches, dont une partie firent l'objet de sa Thèse de Doctorat, ont été poursuivies avec succès par M. Chavanne dans son laboratoire de Bruxelles, où il a étudié plus spécialement les produits d'oxydation.

En hydrolysant à chaud le trichloroéthylène par l'acide sulfurique à 90 pour 100, M. Chavanne, en collaboration avec Simon, réussit à préparer d'une manière fort avantageuse l'acide monochloracétique. Il est intéressant d'ajouter que la réaction, découverte au cours de recherches ayant pour but l'obtention de chlorures d'acides chlorés à partir des dissolvants chlorés issus de l'acétylène, est déjà entrée dans la pratique industrielle.

Avec différents élèves, M. Chavanne a exécuté toute une série de travaux sur des hydrocarbures acycliques et cycliques saturés purs obtenus par synthèse, en vue de trouver des relations entre la constitution moléculaire et des constantes physiques. Il y a lieu de signaler tout spécialement, parmi les faits nouveaux observés, la découverte d'un hydrocarbure cyclique saturé spontanément oxydable.

En collaboration avec Simon, M. Chavanne a établi une méthode pratique d'analyse des essences de pétrole. Elle est basée sur la mesure de la température critique de dissolution avec l'aniline, dissolvant complètement miscible aux hydrocarbures aromatiques, ayant une température critique de dissolution basse avec les hydrocarbures cyclopentaniques et cyclohexaniques notablement plus élevée avec les acycliques saturés.

La méthode fut utilisée au cours de la Guerre pour la surveillance des essences d'aviation.

Nous devons encore à M. Chavanne une nouvelle méthode, instituée en collaboration avec Baubigny, de dosage des halogènes dans les composés organiques. Elle repose sur l'oxydation du composé organique par le mélange chromique en présence de nitrate d'argent. Elle permet le dosage séparé, d'une part, de l'iode, d'autre part, du chlore et du brome. Ayant été soumise ultérieurement par différents auteurs à une critique expérimentale, elle est aujourd'hui classique.

Signalons enfin divers travaux de chimie minérale, de chimie organique et de chimie physique, effectués par M. Chavanne, seul ou en collaboration avec Moissan, avec Simon ou avec M. Lespieau, sans parler d'une multitude d'autres recherches exécutées avec ses élèves sur des sujets divers (isomérie éthylénique, etc.).

Tant de travaux, leur variété et leur originalité, ne pouvaient manquer d'attirer notre attention. Au surplus, M. **Chavanne** a fait école et une grande activité règne dans son laboratoire. Aussi sommes-nous unanimes à vous proposer de lui attribuer la moitié du prix Jecker.

Rapport sur les travaux de M. **André Kling.**

Les travaux de M. **André Kling** ont porté simultanément sur la chimie organique, la chimie analytique et la chimie physique.

Ancien élève de l'École de physique et chimie de la Ville de Paris, M. A. Kling débuta dans la carrière scientifique, en 1895, comme préparateur attaché à la chaire de chimie analytique de la Faculté des sciences de Paris. En 1899, il devint chef de travaux d'analyses à l'École de physique et chimie, et il fut appelé en 1911 à la direction du Laboratoire municipal de la Ville de Paris.

La plupart des recherches de M. Kling ont été inspirées par la nature des fonctions qu'il a successivement occupées.

Sa Thèse inaugurale (1905) fut consacrée à la tautomérie, alors peu connue en France, qu'il étudia à propos de recherches entreprises sur les alcools cétoniques, en particulier sur l'acétol et ses homologues.

En collaboration avec M. Hanriot, il exécuta un ensemble de travaux sur les produits de « déchloration » des chloraloses et il obtint une série de dérivés de plus en plus « déchlorés », dont les propriétés physiologiques furent étudiées tout particulièrement par le Dr Camus.

Les fonctions de M. Kling au Laboratoire municipal comportaient, entre autres objets, la direction du service des explosifs de la Préfecture de police. A ce titre, dès le temps de paix, M. Kling avait été amené à étudier un certain nombre de questions relatives aux explosifs, aux moyens d'agression et de défense dont les agents de la force armée pouvaient avoir intérêt à se servir lors des arrestations difficiles. En particulier, en collaboration avec M. Florentin, il établit un seuil de déflagration des explosifs par abaissement de la température. Il avait, en outre, imaginé, avec ce même collaborateur, l'emploi des produits lacrymogènes pour les captures dangereuses. Ce furent ces circonstances particulières qui, au lendemain de la première vague de chlore lancée par les Allemands sur nos troupes (22 avril 1915), décidèrent le Général en Chef à désigner M. Kling pour mener au front l'enquête sur les moyens chimiques nouveaux utilisés par l'adversaire.

A la suite de ces études, M. Kling, en collaboration avec MM. Florentin, Lassieur, Schmutz, etc., publia d'importants mémoires relatifs aux chloroformiates de méthyle chlorés et aux carbonates de méthyle chlorés.

Ultérieurement, il fut amené à étudier le problème des combustibles et de la transformation des combustibles solides en combustibles liquides. Sur cette question, dont il poursuit la solution depuis plusieurs années, il a publié, avec M. Florentin, différentes notes aux *Comptes rendus*, relatant les résultats obtenus sur l'hydrogénation des substances organiques à haute température et sous pressions élevées, en présence de catalyseurs non hydrogénants. Une méthode générale a été ainsi instituée, qui paraît susceptible d'être avantageusement utilisée pour la transformation des hydrocarbures lourds et polymérisés en hydrocarbures légers, et même pour l'ouverture des noyaux polybenzéniques, tels que ceux du naphtalène et de l'anthracène, avec production consécutive d'hydrocarbures benzéniques (benzène, toluène, xylène, etc.).

Rappelons encore, entre autres travaux, que M. Kling est l'auteur d'un procédé de dosage de l'acide tartrique s'appliquant aux tartres et lies et même aux émétiques, qui consiste à additionner la solution d'acide tartrique droit, que l'on veut doser, d'acide tartrique gauche, en présence d'acétate de calcium, de telle sorte que l'acide droit soit intégralement entraîné dans un précipité de racémate insoluble.

C'est à l'unanimité que, pour reconnaître l'intérêt et l'originalité des recherches de M. **Kling**, la section de chimie propose à l'Académie de lui décerner la moitié du prix Jecker.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Bertrand, Desgrez, Matignon; Urbain, rapporteur.)

M. **Clément Duval**, préparateur à la Faculté des sciences, a donné une méthode très générale de préparation des nitrites à partir des acétates. Le succès de cette méthode tient à ce que les phénomènes d'hydrolyse y sont pratiquement évités.

En particulier, les nitrites simples de nickel et de cobalt qui n'avaient pas encore été décrits ont pu être préparés par M. Duval, ainsi qu'un grand nombre d'autres nitrites complexes de la famille des cobaltiammines.

Comme conséquence de ces préparations, on peut citer la formation des sels cis-cobatitétrammines à partir du nitrite de dinitro-cobalto-tétrammine. Ces sels constituent la série violéocobaltique dont les termes sont liés à la série praséocobaltique par des rapports d'isomérie.

M. Duval a décrit en outre un grand nombre de dérivés tétrammoniés du cobalt et une série nouvelle : celle des diiodotétrammines.

La valeur de ces recherches justifie l'attribution des arrérages de la fondation Cahours à M. **Clément Duval**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Desgrez, Matignon; Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Augustin Damiens**, agrégé à la Faculté de pharmacie, pour ses divers travaux de chimie, en particulier sur l'existence du brome chez les animaux et sur les phénomènes d'allotropie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, De Launay, Depéret, Haug, Joubin ; Termier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Argand**, professeur de géologie à l'Université de Neuchâtel (Suisse), pour l'ensemble de son œuvre sur la géologie structurale et, tout spécialement, pour ses travaux sur les Alpes Pennines.

M. Émile Argand est le plus brillant élève de M. Maurice Lugeon et il est devenu, à son tour, l'un des maîtres de la géologie alpine. Ses premiers travaux sur les Alpes Pennines (massifs du Mont Rose, du Cervin, de la Dent-Blanche, des Mischabelhörner; massif du Grand-Combin; région du Grand-Saint-Bernard) ont été publiés en 1905, en collaboration avec M. Lugeon. Depuis lors, M. Argand a travaillé seul. Il a publié, de 1909 à 1912, toute une série de cartes et de coupes admirablement dessinées, où la structure de cette partie des grandes Alpes est analysée jusque dans ses moindres détails et où la synthèse structurale de la région pennine est progressivement étendue aux Alpes Cottiennes et Grées, et même aux Alpes Maritimes. Beaucoup de ces résultats, jugés d'abord singulièrement hardis, presque téméraires, paraissent aujourd'hui définitivement acquis à la science. Les *nappes pennines*, avec leurs terrains si spéciaux, souvent métamorphiques, sont connues maintenant en France; et, de l'autre côté, nous les voyons se prolonger sous les nappes des Grisons et s'enfouir sous les nappes des Alpes orientales, en reparaissant au jour dans les trois grandes *fenêtres* qui déchirent celles-ci. La synthèse générale des Alpes, aujourd'hui réalisée, n'eût probablement pas été possible sans les synthèses partielles, dues à M. **Argand**. Depuis quelques années, cet esprit général s'échappe du cadre alpin, maintenant trop étroit pour lui. C'est vers une synthèse plus vaste qu'il prend l'essor, à la suite d'Eduard Suess; et l'essai qu'il nous a donné il y a cinq ans a suscité l'admiration de tous ceux qui s'intéressent aux plus difficiles problèmes de la géologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Depéret, Joubin; Haug, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Delesse à M. **Charles Jacob**, professeur à l'Université de Toulouse, pour l'ensemble de son œuvre, comprenant : 1° des études stratigraphiques et paléontologiques sur les terrains mésocrétacés; 2° des travaux sur la géologie du Tonkin, d'une importance capitale pour l'interprétation tectonique de cette région; 3° des recherches sur la géologie des Pyrénées espagnoles, dont les résultats modifient dans une large mesure les notions que l'on possédait sur la structure de l'ensemble de la chaîne.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Depéret, Joubin; Haug, rapporteur.)

Conformément aux intentions du donateur, la Commission propose d'attribuer la totalité du prix Victor Raulin à M. **Fernand Daguin**, assistant au Laboratoire de géologie de Montpellier, pour lui faciliter la publication d'un important mémoire sur la géologie du Maroc septentrional, qui est le premier travail de détail, accompagné d'une carte géologique au 100 000e, relatif à une partie de notre Protectorat.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, Depéret, Haug, Joubin; de Launay, rapporteur.)

M. **André Demay**, ingénieur en chef des mines, professe la géologie appliquée à l'École des mines de Saint-Étienne depuis 1919. Son étude géologique sur le pétrole de Pechelbronn a apporté une précieuse contribution à

la connaissance de cet important gisement français. Ses monographies du district de Carthagène et de la région d'Huelva ont éclairé la genèse de tous les gisements pyriteux. Il a également étudié le massif du Pilat et les Maures.

La Commission propose de lui décerner le prix Labbé.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Lecomte, Molliard; Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de ne pas décerner le prix et d'accorder une mention honorable à M. **V. Likhité**, Lecturer in Botany au Fergusson College de Poona, pour son travail intitulé : *Recherches sur le développement et la biologie de quelques ascomycètes*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard; M. Molliard, rapporteur.)

Votre Commission vous propose d'attribuer le prix Montagne à M. **Adrien Davy de Virville** qui vient de publier un important travail de morphologie expérimentale relatif aux Mousses. L'auteur, en faisant varier les conditions du milieu, a étudié les diverses possibilités morphologiques présentées par une espèce donnée, et montré combien elles sont considérables; il arrive fréquemment que dans des conditions aberrantes, certains caractères, qui étaient considérés comme définissant une espèce, arrivent à

disparaître (poils de *Rhacomitrium lanuginosum*, lamelles des feuilles de *Polytrichum*, etc.); lorsque l'*Aulacomnium androgynum* pourvu de propagules est mis à se développer dans l'eau, ces propagules germent sur place et donnent naissance à de nouvelles plantes feuillées qui restent en relation avec la plante mère par l'intermédiaire des protonémas qui ont pris naissance.

M. **Adrien Davy de Virville** apporte ainsi un grand nombre de faits qui mettent bien en évidence la plasticité morphologique très remarquable que présentent les Mousses vis-à-vis du milieu.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Molliard.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Dangeard, Molliard; H. Lecomte, rapporteur.)

M. **Pierre Bugnon**, maître de conférences adjoint de botanique à la Faculté des sciences de Caen, a publié, ces dernières années, un ensemble de travaux relatifs à des questions diverses de botanique.

Des recherches entreprises sur la morphologie et l'anatomie des Graminées lui ont fourni l'occasion de discuter les théories de la Syncotylie et de l'Hétérécotylie; les mêmes recherches l'ont amené à assimiler le limbe de la feuille des Graminées à un phyllode de base foliaire, de même qu'à préciser la notion généralement méconnue de préfeuille et enfin à admettre chez les plantes de cette famille l'existence d'embryons à deux cotylédons inégaux, ce qui ne peut se concilier avec la notion de Syncotylie d'Agnès Arber.

En poursuivant l'étude de l'appareil conducteur embryonnaire chez les plantes à graines, M. P. Bugnon a eu à comparer et à discuter les théories de l'accélération basifuge et du raccord, en se prononçant personnellement

pour cette dernière et il a pu, en même temps, préciser les notions de protoxylème et métaxylème.

La recherche de l'origine de la tige l'a mis en présence des théories du *Mériphyte* et de la *Phyllorhize*, au sujet desquelles il a publié plusieurs notes et, dans le même ordre d'idées, il a combattu la notion du *Leaf-skin*.

Enfin il a montré l'importance de la ramification dichotomique dans l'évolution foliaire et, plus récemment encore, il s'est proposé de discuter les diverses théories touchant l'organisation et le développement du pistil.

Dans l'examen de ces questions si diverses, si controversées et parfois si délicates, M. Pierre Bugnon a fait preuve d'un esprit critique spécialement avisé et il n'a pas craint de jeter dans la balance une opinion personnelle motivée.

En raison de cette activité méritoire mise au service de la botanique, la Commission propose d'accorder à M. **Pierre Bugnon** le prix de Coincy pour 1927.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX RUFZ DE LAVISON.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard; M. Molliard, rapporteur.)

M. **Lucien Plantefol** préparateur au Collège de France, est l'auteur d'un mémoire qui a retenu l'attention de votre Commission; il s'agit d'une étude biologique relative à une Mousse, l'*Hypnum triquetrum*, où sont envisagées les relations existant entre la morphologie, la physiologie et l'écologie d'une même espèce végétale. L'auteur apporte un grand nombre de faits intéressants relativement aux diverses formes de croissance présentées par la plante envisagée lorsque viennent à varier les conditions du milieu; mais il y a surtout lieu de signaler l'étude particulière que M. Plantefol a faite de la variation de deux fonctions physiologiques, la respiration et l'assimilation chlorophyllienne en fonction de la teneur des cellules en eau; c'est ainsi que la respiration apparaît directement sous la dépendance de ce facteur tant au point de vue de son intensité que de sa nature.

Étant donné l'intérêt de ces recherches, où se trouvent rapprochés les faits relatifs à l'aspect morphologique et à l'aspect physiologique, votre

Commission a été unanime à vous proposer d'attribuer à M. **Plantefol** le prix Rufz de Lavison.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX DA GAMA MACHADO.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil; Gravier, rapporteur.)

Parmi les nombreux travaux de M. **Henri Neuville**, sous-directeur du laboratoire d'anatomie comparée du Muséum national d'histoire naturelle, relatifs à l'anatomie comparée des Mammifères, plusieurs d'entre eux se rapportent au revêtement pileux des Éléphants et du Mammouth. M. H. Neuville a eu à sa disposition les riches matériaux d'étude des laboratoires d'anatomie comparée et de paléontologie du Muséum d'histoire naturelle. Il a montré que chez les Mammouths de Sibérie, le caractère le plus original du tégument est l'absence de glandes sébacées, constamment annexées aux poils chez les Mammifères, et de glandes sudoripares. La robe des Mammouths ne devait donc présenter qu'une protection illusoire contre le froid. M. H. Neuville a longuement développé cette considération qui commence à être adoptée maintenant par les paléontologistes. Chez les Éléphants actuels, cantonnés maintenant dans les régions chaudes, le tégument a perdu presque toute sa pilosité; les rares poils qu'il conserve ressemblent fort à ceux des Mammouths; mais, en perdant la protection assurée par la sécrétion des glandes cutanées et par la fourrure devenue si précaire déjà chez les Proboscidiens plus anciens, le tégument des Éléphants a acquis, par réaction, un caractère papillomateux remarquablement adapté.

Tandis que les Mammouths disparaissaient, les Éléphants acquéraient ainsi un caractère tégumentaire spécial, rappelant celui des Rhinocéros. Il y a là, d'après l'auteur, un exemple particulièrement net de cas où des phénomènes, d'abord pathogènes, finissent par se régulariser et constituer des caractères normaux, contribuant à assurer la conservation de l'espèce,

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Neuville.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy, Marchal, Joubin, Gravier; Mesnil, rapporteur.)

Les travaux du Dr **Maurice Langeron**, chef de laboratoire à la Faculté de médecine, sur la région méditerranéenne ont pour objet d'une part l'Afrique mineure, d'autre part l'île de Crète, dans la Méditerranée orientale.

En Afrique mineure, le Dr Langeron a effectué en Tunisie en 1911, 1919 et 1920, trois voyages dont les résultats ont fait l'objet de diverses publications. Les questions étudiées ont trait à des groupes d'animaux très variés. A Tunis, les recherches ont porté principalement sur le paludisme humain et sur les parasites intestinaux et sanguicoles des chiens, chez lesquels un type nouveau de filariose péritonéale est décrit en collaboration avec MM. Railliet et Henry. Les oasis du Sud (groupe du Djerid et groupe de Tamerza ou des oasis de montagne) ont fourni des matériaux pour l'étude du bouton d'Orient (découverte d'un nouveau foyer) et des insectes piqueurs. Un nouveau type de gîte larvaire à Anophèles a été décrit, ainsi que diverses larves d'Anophélines et de Culicines encore peu connues. Les Phlébotomes et les Cératopogoninés ont fourni plusieurs espèces ou variétés nouvelles. A Gafsa, une enquête sur les conditions de transmission de la bilharziose a conduit à une étude détaillée de la faune des piscines et à la découverte de faits nouveaux concernant plusieurs Cercaires et Métacercaires. L'enquête a montré aussi que la bilharziose ne se contractait pas dans les piscines.

Le voyage en Crète, effectué avec le Dr G. Blanc, a été à la fois une prospection et une étude du bouton d'Orient, maladie excessivement répandue en Crète. Les recherches faunistiques ont porté principalement sur les Arthropodes et les Mollusques dont une espèce et une variété nouvelle ont été décrites, mais d'autres représentants de la faune aquatique, notamment des Coléoptères, ont été récoltés en même temps, ainsi qu'un certain nombre de plantes. Les résultats de ce voyage ont fait l'objet de plusieurs mémoires.

Tout cet intéressant ensemble, qui rentre bien dans le cadre de la fondation Savigny, a paru à votre Commission digne d'être récompensé par l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Henneguy, Branly, Richet Widal, Mesnil; Roux, Quénu, Leclainche, Vincent, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **Raoul Bensaude**, médecin chef de service à l'hôpital Saint-Antoine, pour son ouvrage intitulé : *Traité d'endoscopie, rectoscopie, sigmoïdoscopie;*

Un prix de 2500fr à M. **Henri Carré**, directeur adjoint du Laboratoire national de recherches des services vétérinaires, pour ses *Recherches expérimentales sur une ectodermose neurotrope du chien : la maladie des chiens;*

Un prix de 2500fr à M. **Constantin Levaditi**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *L'herpès et le zona, ectodermoses neurotropes;*

Une mention honorable de 1500fr à MM. **Jean Barotte** et **Achille Urbain**, de l'Institut Pasteur, pour leur mémoire intitulé : *Étude des teignes du cheval et de l'immunité dans les teignes expérimentales;*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Jean Verge**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses *Recherches expérimentales sur l'affection diphtéro-variolique des oiseaux;*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Christian Zœller**, professeur agrégé du Val-de-Grâce, pour ses *Recherches sur la diphtérie;*

Une citation à M. **Emile Frache**, docteur en pharmacie, pour son ouvrage intitulé : *Les fouets et le mouvement des bactéries;*

Une citation à M. **Gustave Lesbouyries**, chef de clinique à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour son ouvrage intitulé : *La tuberculose des carnivores domestiques.*

Rapport de M. Quénu *sur l'ouvrage de M.* **Raoul Bensaude** *intitulé :* Traité d'endoscopie, rectoscopie, sigmoïdoscopie.

Le Dr **Bensaude**, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, a fait œuvre originale en publiant un ouvrage orné de belles figures sur la rectoscopie et la sigmoïdoscopie.

Rapport de M. Leclainche *sur les travaux de M.* **Henri Carré.**

M. **Henri Carré**, directeur adjoint du Laboratoire de recherches d'Alfort, poursuit, depuis plus de vingt années, des recherches expérimentales sur une affection très répandue et très meurtrière du premier âge chez le chien, désignée sous les expressions tout imprécises de « maladie du jeune âge » ou de « maladie des chiens ».

Les difficultés de cette étude résultent précisément de l'extrême fréquence de l'infection, telle qu'il est presque impossible de trouver des animaux certainement indemnes pour l'expérimentation. En multipliant les modes de ses patientes investigations, M. Carré est parvenu à démontrer que la « maladie des chiens » est due à un virus filtrant, très voisin, par ses propriétés et par son action sur les organismes, des virus de la vaccine, de l'herpès, de l'encéphalite et de la rage. Incultivable *in vitro*, dans les conditions réalisées jusqu'ici, le virus se trouve à l'état pur dans certaines humeurs et son inoculation reproduit toutes les formes de la maladie naturelle.

Les belles recherches de M. Carré ont apporté la démonstration, longtemps contestée, de la nature d'une maladie jusque là impossible à classer. Leur intérêt dépasse l'objet auquel elles s'appliquent en ce qu'elle apporte des précisions nouvelles pour l'étude des affections de l'homme et des animaux dues à des virus de même type.

Votre Commission vous propose d'attribuer à M. **Carré** l'un des prix Montyon de médecine.

Rapport de M. Roux *sur l'ouvrage de M.* **Constantin Levaditi** *intitulé :* L'herpès et le zona.

M. le Dr **Levaditi** présente au concours des prix Montyon un ouvrage intitulé : *L'herpès et le zona, ectodermoses neurotropes*. Ce titre indique la conception à laquelle l'auteur a été conduit, tant par les expériences faites par de nombreux chercheurs que par celles qu'il a poursuivies lui-même.

L'herpès et le zona, longtemps considérés comme de simples maladies de la peau, sont regardés aujourd'hui comme intéressant divers tissus, tels que la peau, la cornée, le névraxe, ayant tous l'ectoderme pour origine. Ils sont reliés par le réseau nerveux et ce qui se passe dans l'un retentit sur les autres.

Le meilleur exemple à l'appui de cette conception est fourni par l'étude du virus de l'herpès et de celui de l'encéphalite léthargique. Les expériences de Blanc, de Dœrr et de Levaditi ont montré que c'est le même virus qui cause ces deux maladies si différentes dans leurs manifestations. On peut, en effet, donner aux lapins une encéphalite identique en partant de l'herpès ou de l'encéphalite humaines. Les variétés de ce virus unique se distinguent par leur affinité plus marquée chez les unes pour la peau, chez les autres pour le système nerveux. Ces variations dans les affinités tissulaires se rencontrent dans la nature et peuvent être produites expérimentalement.

M. Levaditi insiste sur ce qu'il appelle la *neuroprobasie* des germes de l'herpès, c'est-à-dire la culture se propageant de proche en proche le long des nerfs, en vaccinant les cylindres axiles déjà parcourus. Pour M. Levaditi, la localisation du germe de l'herpès et de celui du zona, sur des territoires limités de l'ectoderme et sur les nerfs dont ces territoires sont tributaires, est déterminée par une chute momentanée du tonus immunotrophique métamérique du système nerveux.

Le livre de M. **Levaditi** réunit nos connaissances actuelles sur l'herpès et sur le zona, connaissances à l'extension desquelles l'auteur a beaucoup contribué. Cet ouvrage est riche en faits nouveaux et en vues originales.

Rapport de M. Leclainche *sur le mémoire de MM.* **Jean Barotte** *et* **Achille Urbain** *sur l'*Étude des teignes du cheval et sur l'immunité dans les teignes expérimentales.

Les teignes du cheval sont dues soit aux microspories (72,5 pour 100), soit aux trichophyties (25 pour 100) et, tout exceptionnellement, au favus

(2,5 pour 100). La désignation, courante en clinique, de trychophytie est donc le plus souvent inexacte.

Les auteurs ont étudié sur le cobaye les divers procédés de l'inoculation, ainsi que les conditions et le mécanisme de l'immunisation. La trichophytine, extraite des cultures en milieux liquides procure une réaction à peu près constante chez les animaux affectés; cette réaction, constatation intéressante à divers titres, peut se manifester aussi avec la tuberculine, et par contre, les cobayes tuberculeux réagissent parfois à la trichophytine.

L'immunité paraît s'élaborer dans la peau, voie normale de l'infection, donnée conforme à la théorie de Besredka.

Sans être original sur tous les points, l'excellent travail de MM. **Barotte** et **Urbain** apporte nombre de faits nouveaux et intéressants.

Rapport de M. Leclainche *sur le travail de M.* **Jean Verge**, *intitulé :* Recherches expérimentales sur l'affection diphtéro-variolique des oiseaux.

Entièrement différente de la diphtérie humaine, l'infection aviaire est due à un virus filtrant, jusqu'ici réfractaire à la culture *in vitro* et localisé dans les tissus d'origine ectodermique.

Dans une première partie de son étude, M. **Verge** montre que les diverses manifestations cliniques dites épithélioma contagieux, diphtérie aviaire, catarrhe oculo-nasal, procèdent du même virus. Une seconde partie est consacrée à l'immunisation, au mécanisme de celle-ci, à l'analyse des réactions d'allergie, ainsi qu'au mode d'action des vaccins utilisés déjà et de celui qui est conseillé par l'auteur.

Le très consciencieux travail de M. **Verge** constitue à la fois une mise au point parfaite d'une question encore controversée et une contribution originale à son étude.

Rapport de M. Roux *sur les recherches de M.* **Christian Zœller**.

M. **Christian Zœller**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, s'est attaché depuis plusieurs années à l'étude de la diphtérie, notamment dans les milieux militaires; c'est l'ensemble de ses recherches qu'il présente pour un des prix de médecine.

M. Zœller a voulu faire profiter l'armée de toutes les acquisitions récentes touchant la diphtérie. C'est ainsi qu'il a montré par de multiples exemples l'utilité de la réaction de Schick pour dépister les sujets sensibles à la

diphtérie soit parmi les recrues, soit dans les corps de troupe où sévit cette maladie.

Dès les premières publications de Ramon sur l'anatoxine diphtérique, il en a fait l'application à l'armée en immunisant les garnisons atteintes de diphtérie, de même que les recrues dès leur arrivée au corps. Les observations de M. Zœller sur la façon dont s'établit l'immunité suivant les individus sont pleines d'intérêt.

M. Zœller a décrit sous le nom d'*anatoxi-réaction*, l'intradermoréaction à l'anatoxine diluée dans ses rapports avec une infection diphtérique récente ou ancienne. Les sujets chez qui elle est positive s'immuniseront plus facilement que ceux chez qui elle est négative.

A ces recherches se rapportant à la prévention de la diphtérie, il faut ajouter des études expérimentales sur la conjonctivo-kératite diphtérique du cobaye, sur les rapports de l'infection diphtérique et de l'immunité locale, etc.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Bazy, Mesnil, Vincent; Widal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Léri**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les affections des os et articulations*.

Le livre de M. Léri est avant tout un relevé de ses travaux personnels sur la maladie des os et des articulations. Il y décrit la Pléonostéose familiale, la Mélorrhéostose, affection qu'il a fait connaître de toutes pièces; il y précise la pathogénie et la symptomatologie de la maladie de Faget, de l'onencéphalie, de l'hémiotéophie facial, de l'hypochondroplasie, pour ne citer que quelques-unes des maladies dont il a poursuivi l'étude.

Votre Commission vous propose de décerner le Prix Barbier à M. **Léri** pour ce livre dont la lecture permet de juger de tous les progrès que les travaux de son auteur ont permis de réaliser dans l'étude des maladies du squelette et des jointures.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Charles Dopter**, directeur du Val-de-Grâce, et **Paulin Vezeaux de Lavergne**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy, pour leur ouvrage intitulé : *Épidémiologie*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission a retenu pour ce prix le travail de M. **René Herpin**, intitulé : *Recherches biologiques sur la reproduction et le développement de quelques Annélides Polychètes*.

L'auteur a étudié le cycle sexuel, l'émission de produits génitaux, la fécondation et un certain nombre de stades de la vie larvaire de plusieurs Annélides polychètes, appartenant aux familles des Néréidiens (la plus grande partie du mémoire est consacrée à des Annélides de cette famille), des Euniciens, des Syllidiens et aussi d'un Térébellien.

Nous relèverons particulièrement ce qui concerne l'essaimage des Annélides à formes épitoques, l'influence à distance soit des femelles sur l'émission des spermatozoïdes, soit des mâles sur la sortie des ovules; — l'incubation des œufs assurée par le mâle chez quelques Néréidiens sans métamorphose; — l'agglutination des femelles mûres chez *Nereis diversicolor*, ce qui assure leur fécondation par une minorité de mâles; — la confection d'un cocon par *Nicolea venustula*.

M. **Herpin** a encore recherché le déterminisme des essaimages par les phases de la Lune.

Il y a là une œuvre très importante, contenant beaucoup de faits nouveaux, bien observés. Elle mérite à tous égards d'être couronnée par l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CHAUSSIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de décerner le prix à MM. **Edmond** et **Étienne Sergent**, de l'Institut Pasteur d'Algérie, pour récompenser leur effort ininterrompu de *vingt-cinq années d'étude et de prophylaxie du paludisme en Algérie.*

Dès 1900, au lendemain de la découverte de Sir R. Ross, les frères Sergent ont commencé l'étude du paludisme algérien et entrepris de faire bénéficier la colonie des mesures de prophylaxie que suggéraient les notions récemment acquises sur la transmission du mal.

Ces études ont été d'abord d'ordre épidémiologique. Si les essais tentés ailleurs, en 1899 et 1900, avaient déjà montré l'efficacité des nouvelles méthodes de protection, il n'en fallait pas moins, en effet, adapter celles-ci aux conditions locales et, pour cela, connaître les divers facteurs qui président à la persistance et à la propagation du paludisme en Algérie.

Les frères Sergent ont ainsi, année après année, vérifié l'exactitude de la loi de Grassi : « pas de paludisme sans anophélisme », — constaté en France, en 1901, la possibilité d'un « anophélisme sans paludisme », — recherché et déterminé les Anophèles de l'Afrique du Nord, les mœurs des diverses espèces, leurs gîtes larvaires de prédilection, et précisé la part que prend chacune dans la transmission de l'infection. Par ailleurs, ils ont étudié le « réservoir de virus paludéen » parmi les populations nord-africaines, mis au point les techniques propres à le jauger (recherche des index splénique, splénométrique et plasmodique) et, avec les données recueillies, dressé la carte du paludisme en Algérie.

En 1902, la première application de la prophylaxie nouvelle a été faite, avec plein succès, dans une gare de chemin de fer. Deux ans plus tard, en 1904, en présence des heureux résultats obtenus, M. le Gouverneur général Jonnart décide la fondation du Service antipaludique algérien, qui, doté de crédits de plus en plus importants, a pu depuis étendre son action à un nombre croissant de localités insalubres. Des « champs d'expérience et de démonstration » sont créés dans les trois départements ; une propagande incessante, vulgarisant les notions antipaludiques, est menée dans tous les milieux, surtout dans les écoles, par le moyen d'affiches, de tracts, en

français et en arabe, etc., si bien que l'opinion publique, jadis incrédule ou hostile, est aujourd'hui instruite et convaincue.

En même temps, des recherches expérimentales ont été poursuivies sur le paludisme des oiseaux et sur la parasitologie comparée des Protozoaires voisins des Hématozoaires du paludisme humain.

En résumé, ces 25 ans d'études ont permis d'établir les caractères épidémiologiques du paludisme méditerranéen, tant en ce qui concerne le réservoir de virus que les Anophèles transmetteurs, et d'élaborer les méthodes prophylactiques qui sont le plus propres à le combattre.

Hors d'Algérie, les mêmes méthodes ont été appliquées, sous l'impulsion des frères **Sergent**, au paludisme du Maroc, de la Corse et de l'Armée d'Orient. On sait que le programme de prophylaxie paludique, proposé pour l'Armée d'Orient, en 1916, a protégé et conservé les effectifs et, comme on l'a dit, rendu possible l'offensive victorieuse de 1918.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Félix Ramond**, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, pour son ouvrage intitulé : *Les maladies de l'estomac et du duodénum*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil; Richet, Vincent, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Le prix à M. **Jean Rieux**, ancien professeur au Val-de-Grâce, pour son ouvrage intitulé : *La tuberculose pulmonaire latente*;

Une mention honorable à M. **Grégoire Ichok**, professeur à l'École des hautes études sociales, pour son ouvrage intitulé : *La protection sociale de la santé; l'action médico-sociale*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX LARREY.

Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Jean Jacquemart**, médecin-major de 1re classe, et **Charles Clavelin**, professeur agrégé du Val-de-Grâce, pour leur mémoire intitulé : *Le service de santé militaire du temps de paix et du temps de guerre*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André-Charles Guillaume**, ancien chef de clinique, pour son ouvrage intitulé : *Les radiations lumineuses en physiologie et thérapeutique*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Richet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Merklen**, préparateur à la Faculté de médecine de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Le rythme du cœur au cours de l'activité musculaire et notamment des exercices sportifs*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Antoine Magnan**, directeur à l'École des hautes études, pour ses ouvrages intitulés : *Les caractéristiques des oiseaux suivant le mode de vol, leur application à la construction des avions*, et *Le vol à voile avec contribution à l'étude expérimentale de la physique et de la mécanique des fluides*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Richet, Desgrez, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner : le prix à M[lle] **Eudoxie Bachrach**, préparateur à la Faculté de médecine, pour l'ensemble de ses travaux de physiologie expérimentale;

Une mention honorable à M. **Marc Jacot**, pour son ouvrage intitulé : *Glycogène, adrénaline et insuline*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal.)

Le prix n'est pas décerné.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Lecornu, Émile Borel, d'Ocagne; H. Lecomte, rapporteur.)

L'ouvrage ayant pour titre : *Dix ans d'efforts scientifiques, industriels et coloniaux*, constitue une vaste enquête poursuivie par un groupe nombreux de savants, d'industriels et de coloniaux spécialement qualifiés.

C'est surtout la partie de l'ouvrage consacrée à l'effort industriel qui renferme, au point de vue spécial de la statistique, des documents intéressants, en particulier sur le pétrole, la sidérurgie, l'aluminium, la potasse, les phosphates, les engrais chimiques, l'électrométallurgie, les chaux et ciments, la verrerie, la céramique, les matières colorantes, les parfums, les matières grasses, la papeterie, les industries textiles, etc.

Des tableaux statistiques, des diagrammes variés, établis par des spécialistes, présidents ou secrétaires généraux de groupes industriels considérables, font connaître l'évolution récente de nos principales industries et mettent en lumière les répercussions produites par divers facteurs tels que la guerre, les crises économiques, la législation douanière, etc.

La Commision estime que la réunion de toute cette documentation économique dans un ouvrage unique permet de mieux saisir les relations réciproques de mouvements industriels en apparence distincts; elle voit là une œuvre statistique importante et elle propose à l'Académie de décerner aux auteurs de *Dix ans d'efforts industriels* dans la personne de M. **Jean Gérard**, directeur, le prix Montyon de statistique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, de Launay, Richet; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Daudin**, chargé de cours à la Faculté des lettres de Bordeaux, pour ses ouvrages intitulés : *De Linné à Jussieu; méthodes de la classification et idée de série en botanique et en zoologie* (1740-1790), et *Cuvier et Lamarck; les classes zoologiques et l'idée de série animale* (1790-1830). Ces ouvrages sont remarquables par la richesse de leur documentation et la profondeur de leur analyse; ils forment un ensemble de haute valeur, le plus important à coup sûr que l'on ait consacré jusqu'ici à l'histoire des sciences naturelles, il y a plus d'un siècle, et au rôle qu'a joué le Muséum dans les événements de cette histoire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Barrois, Hamy, Moureu, Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2000fr à M. **Fernand Monpillard**, pour son ouvrage intitulé : *Macrophotographie et microphotographie;*

Un prix de 1000fr à Mme **Valentine Allorge-Gatin**, docteur ès sciences,

pour le *Dictionnaire de Botanique* de Ch.-L. Gatin, continué et terminé par elle.

M. Monpillard est bien connu de tous les hommes de science s'intéressant à la microphotographie. Après de longues années de pratique pendant lesquelles il a perfectionné la technique de cette branche de la photographie, il a condensé toutes les notions utiles sur ce sujet dans un livre intitulé : *Macrophotographie et Microphotographie* qui est plus qu'un ouvrage de vulgarisation, car on y trouve beaucoup d'observations personnelles. C'est non seulement ce livre, mais aussi de longs services rendus à la science qu'a voulu récompenser la Commission, en attribuant un prix de Parville à M. **Monpillard**.

M. Ch.-L. Gatin avait entrepris avant la guerre un dictionnaire de botanique ayant pour objet de mettre les botanistes au courant de la terminologie très compliquée de cette science. L'impression de cet ouvrage était commencée lorsque l'auteur dut partir sur le front. Grièvement blessé, il n'allait pas tarder à mourir. Sa veuve, M[me] **Allorge-Gatin**, a pieusement achevé cet ouvrage auquel la Commission a tenu à donner une marque d'estime.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Guignard, Barrois, Hamy; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille est décernée à :

M. **Emile Kohn-Abrest**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
M. **Clément Duval**, bénéficiaire de la fondation Cahours;
M. **Augustin Damiens**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Douvillé, Le Chatelier Henneguy, Termier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Bohn**, directeur de laboratoire à l'École des hautes études et maître des conférences, adjoint à la Sorbonne, pour ses travaux de biologie et de physiologie comparée.

M. Georges Bohn est un biologiste très averti et d'une grande originalité.

Il a publié de fort nombreux mémoires ou notes de physiologie comparée et de biologie, surtout consacrés à l'influence de l'habitat, des facteurs physiques et chimiques sur les réactions motrices des animaux et des plantes et sur les modifications morphologiques qui en sont les conséquences.

On peut rappeler à cet égard ses travaux sur les rythmes vitaux, tels que ceux de la marée qui persistent en aquarium, sur les oscillations provoquées chez les animaux par des modifications brusques de l'éclairement et dont M. Bohn a donné une interprétation physico-chimique.

L'influence du radium sur les organismes en voie de croissance (œufs d'Oursins, larves de Batraciens) l'a beaucoup occupé et il a été le premier à signaler (1903) des phases de sensibilité particulière au radium et des effets tardifs; et c'est là une des notions fondamentales de la radiologie.

Il a montré encore l'importance du facteur masse dans l'action de nombreux agents physiques et chimiques sur les organismes; suivant les cas, il en résulte une auto-protection ou une auto-destruction.

Enfin, M. **Bohn** est l'auteur de plusieurs ouvrages qui font réfléchir : *L'Évolution du pigment*, *La Naissance de l'intelligence*, *La Forme et le Mouvement*, *La Chimie et la Vie*, *La Vie et la Mort*.

C'est l'ensemble de cette œuvre, toujours très personnelle, qui a rempli une existence laborieuse et modeste que la Commission propose de récompenser par l'attribution du grand prix des sciences physiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALHUMBERT.

(Commissaires : MM. Roux, A. Lacroix, Le Chatelier, Joubin, Mesnil, Molliard ; Wallerant, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Henri Longchambon**, professeur à la Faculté de Montpellier, pour ses recherches sur la triboluminescence.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin ; F. Mesnil, rapporteur)

M. **André Lwoff**, assistant à l'Institut Pasteur, dont les travaux sur les Infusoires, effectués seul ou en collaboration avec M. Chatton, ont attiré l'attention des zoologistes, a publié sur l'œil des Copépodes un travail intitulé : « Le Cycle du pigment carotinoïde chez *Idya furcata* (Baird), Copépode harpacticide. » M. Lwoff a étudié la structure de l'œil d'*Idya* jusqu'ici très mal connue : il établit que chaque ocelle est constitué par une sphère réfringente (cellules cristalliniennes) sertie dans une couche lamellaire anhiste, entourée elle-même d'un système pigmentaire spécial formé de deux cellules comprenant : 1° une couche externe imprégnée d'un pigment carotinoïde rouge ; 2° une interne différenciée en une suite de cubes régulièrement disposés et constitués par un carotinoïde-protide bleu.

Il montre qu'il existe également des pigments carotinoïdes dans les cellules rétiniennes de certains *Malacostracés* et il homologue les organes lumineux des *Euphausidæ* aux ocelles des Copépodes : ces organes lumineux présentant les éléments fondamentaux et le type structural des ocelles.

La genèse des pigments oculaires est suivie depuis l'œuf. M. Lwoff a été ainsi amené à étudier la segmentation d'*Idya furcata* et à suivre les réserves au cours de cette segmentation (il a pu mettre en évidence leur phagocytose par les cellules de l'intestin nauplien). Il montre que le pigment oculaire est lié aux réserves ovulaires.

Pour déterminer si ce pigment est d'origine synthétique ou alimentaire, M. **Lwoff** cultive des *Idya* en leur donnant des aliments dépourvus de

carotine (cultures de bactéries). La pigmentation de l'œil est ainsi modifiée, ce qui prouve que si le carotinoïde-protide de l'œil est d'origine synthétique, le carotinoïde est en grande partie d'origine alimentaire.

Votre Commission estime que ce travail mérite d'être récompensé par l'attribution du prix Lallemand.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MAUJEAN.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Widal, Joubin, Mesnil, Vincent; Roux, rapporteur.)

Les travaux de M. **Raymond Sabouraud**, directeur du laboratoire municipal de la Ville de Paris à l'hôpital Saint-Louis, sur les maladies du cuir chevelu causées par des champignons, ont transformé nos connaissances sur la question.

M. Sabouraud a montré que la maladie désignée sous le nom de teigne tondante comprend en réalité deux maladies causées par des parasites différents. Chacun de ces parasites représente un groupe d'espèces ayant des caractères microscopiques et culturaux différents. Il a donné la formule d'un milieu de culture permettant de distinguer les deux groupes de parasites et leurs diverses espèces. Ces espèces varient d'un pays à l'autre, chaque pays ayant sa flore trichophytique un peu différente du pays voisin. Le livre de Sabouraud, publié en 1910, est le plus important travail sur la question.

Le grand service rendu par le Dr Sabouraud est le traitement des teigneux par les rayons X.

Le nombre des enfants teigneux était de 5 pour 100 dans les écoles de la Ville de Paris. Sur l'initiative des Drs Lailler et Quinquaud, médecins de l'hôpital Saint-Louis, le Conseil municipal de Paris décida la création d'un service spécial pour hospitaliser les enfants teigneux, service où ils seraient traités tout en y continuant leurs études. L'école de teigneux de l'hôpital Saint-Louis fut fondée, elle pouvait recevoir 500 enfants qui y restaient environ deux ans avant d'être guéris. Le Dr Sabouraud qui fut chargé du service ayant remarqué que l'action des rayons X est bien supérieure à tous les procédés employés jusqu'alors pour faire tomber le cheveu avec tous les parasites qu'il contient, mit au point une méthode qui guérit la

teigne en deux mois et demi. On conçoit l'avantage et l'économie d'un pareil traitement. Seulement il doit être appliqué avec précision, l'irradiation insuffisante ne guérit pas, l'irradation trop forte provoque une alopécie définitive ou même des brûlures longues à guérir. Il fallait trouver le moyen de donner l'irradiation convenable faisant tomber le cheveu malade et suivie d'une repousse normale du cheveu sain. Sabouraud et son collaborateur Noiré y sont arrivés en se servant d'un écran au platino-cyanure de baryum qui prend une teinte plus ou moins foncée en proportion de la quantité de rayon X qu'il reçoit. Ils fixèrent la teinte qui correspond à l'irradiation nécessaire et suffisante pour obtenir la dépilation curative. Cet instrument permet d'opérer à coup sûr. La méthode du Dr Sabouraud a permis de réduire, en trois ans, la proportion des teigneux, dans les Écoles du département de la Seine, de 5 pour 100 à 1 pour 1000. Le taux de 1 pour 1000 est entretenu par l'apport incessant des enfants étrangers dans les écoles.

Les travaux scientifiques du Dr Sabouraud sur les teignes, le grand service social qu'il a rendu en imaginant un traitement qui les guérit rapidement ont paru à la Commission mériter un témoignage de reconnaissance et elle propose à l'Académie d'attribuer au Dr **Sabouraud** le prix Maujean pour 1927.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY

(Sciences mathématiques).

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Bigourdan, Lecornu, Émile Borel; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Vessiot**, professeur à la Faculté des sciences, directeur de l'École normale supérieure, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY
(Sciences naturelles).

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Termier; Bouvier, rapporteur.)

Parmi les zoologistes qui lui ont paru dignes de la haute récompense du prix Petit d'Ormoy, votre Commission a distingué M. **Lucien Cuénot**, Correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

L'œuvre de M. Cuénot est très variée et porte sur toutes les formes de la vie. Je me contente de signaler ses travaux de faunistique, ses recherches sur la fécondation des Grégarines, sur les absorbants intestinaux des Échinodermes, sur les moyens de défense tels que la saignée réflexe des Insectes et la pseudo-autotomie de la queue des Rongeurs. C'est déjà un riche bagage, mais ce n'est pas le plus important; M. Cuénot a laissé une trace profonde dans trois directions essentielles.

Utilisant la méthode des injections physiologiques, il a fait un apport de contributions remarquables à la physiologie des Invertébrés en définissant des organes excréteurs nouveaux et, particulièrement, ces reins sans débouchés extérieurs qui fonctionnent comme *reins de transformation*, tels que les reins branchiaux des Écrevisses et les cellules péricardiques des Insectes, ou comme *reins d'accumulation*. Par cette méthode, il a fait connaître les organes globuligènes et les organes phagocytaires des Invertébrés, les curieux organes cilio-phagocytaires des Annélides, les organes agglutinants des Siponcles et des Céphalopodes.

M. Cuénot fut l'un des cinq biologistes qui, par une singulière coïncidence, redécouvrirent vers 1900 les lois de Mendel, et l'un des deux (l'autre, Bateson, est mort récemment) qui montrèrent leur application aux animaux, où l'expérimentation est bien plus difficile que chez les plantes. Il reconnut pour la première fois la coopération de plusieurs facteurs germinaux dans la détermination d'un caractère univoque, ce qui fut la condamnation finale de la thèse weismannienne sur les déterminants, — puis l'existence d'un facteur léthal dont le porteur ne peut vivre que si ce facteur est compensé par un symétrique non léthal.

Enfin, dans ses deux livres, *La genèse des espèces animales* et *L'adaptation*, M. Cuénot a exposé ses idées sur l'évolution sans dissimuler nos ignorances. Pour lui, l'adaptation nécessaire et suffisante est tou-

jours préétablie (*préadaptation*); seuls se développent les êtres qui arrivent au bon endroit et qui ont une convenance suffisante avec les conditions ambiantes; les explications du lamarckisme et du darwinisme sont insuffisantes. Par l'examen des coaptations, c'est-à-dire des petits appareils mécaniquement très parfaits dont les Insectes offrent de nombreux exemples, il conclut à une *évolution dirigée vers une fin*, l'agent directeur, encore inconnu, n'étant sûrement pas la sélection darwinienne.

Sur ce point, comme sur beaucoup d'autres très discutés aujourd'hui, les idées de M. **Lucien Cuénot** ont été génératrices de recherches parmi les biologistes. Par ses travaux comme par ses livres, cet auteur a exercé et exerce encore une grande influence sur l'évolution de la zoologie; il est un Maître, et c'est comme tel que votre Commission, à l'unanimité, vous propose de lui attribuer le prix Petit d'Ormoy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LE CONTE.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, Émile Picard, Guignard, Roux, Villard, Mangin, Lecomte, Leclainche, Vincent; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission du prix Le Conte est unanime pour demander à l'Académie d'attribuer cette distinction au Dr **Alexandre Yersin**, son correspondant pour la section de Médecine.

La carrière du Dr Yersin constitue un véritable roman d'aventures, mais un roman vécu, singulièrement fécond en résultats de première importance pour la science, pour l'humanité et pour la prospérité de notre pays. Le Dr Yersin est un bactériologiste éminent, un explorateur intrépide, un agronome plein de hardiesse, de persévérance et de perspicacité.

Jeune médecin, il entre, en 1886, dans le laboratoire de Pasteur à la rue d'Ulm. Notre confrère, le Dr Roux, frappé par son intelligence et son abord sympathique, l'associe à ses recherches sur la diphtérie par quoi a été établi que le bacille de Klebs-Loefler est la cause de cette maladie, que ce bacille tue parce qu'il élabore un poison d'une extrême virulence, que ce poison se rapproche par ses propriétés des diastases et des venins. On sait comment ces constatations ont orienté la toxicologie microbienne dans une voie nouvelle, d'où est sortie la découverte des anti-toxines.

A la fin de 1889, pris d'un violent désir de voyager, le Dr Yersin quitte

l'Institut Pasteur et s'engage en qualité de médecin à bord d'un navire de la Compagnie des Messageries maritimes faisant le service mensuel de Saïgon à Manille.

L'année suivante, il débarque et entreprend l'exploration de la région de l'Annam comprise entre le Haut Donnai et le Mékong et habitée par les Moïs insoumis. N'ayant pour tout bagage qu'un sextant, un fusil, un filtre Chamberland et quelques boîtes de conserve, il part à pied, accompagné de deux seuls boys pour la conquête d'un pays inconnu et réputé pour la férocité de ses habitants. Arrivé sur les contreforts occidentaux de la chaîne annamitique, il est attaqué, à l'entrée d'un village Moï, et grièvement blessé aux jambes par les chevrotines d'un fusil à pierre; cependant, ayant pu convaincre ses agresseurs de ses intentions pacifiques, il est admis dans une case où, pendant plusieurs semaines, il soigne ses blessures. A peine rentré à Saïgon, il obtient du Dr Calmette, qui venait d'y fonder un Institut Pasteur, d'être présenté au Lieutenant Gouverneur de la Cochinchine. Un léger subside va lui permettre de s'équiper d'une façon moins sommaire, et, dès la fin de 1891, il repart avec ses deux boys, explore, non sans peine, la haute région du pays Moï située entre l'Annam et le Cambodge, et enfin arrive au Mékong, épuisé, les pieds en sang et enveloppés seulement par des lanières d'écorce. Transporté en pirogue à Phnom Penh, il se rétablit à l'hôpital, et il rapporte à Saïgon un itinéraire, basé sur des relevés topographiques et astronomiques, qui ont permis d'établir la première carte de la région Moï.

En 1894, une violente épidémie de peste bubonique éclate à Hong Kong et qui s'étend rapidement dans toute la partie orientale de la Chine. Le Dr Yersin est chargé de l'étude du fléau; à travers des difficultés sans nombre et dans des conditions effroyables de travail, il fait cette découverte capitale que la peste est une maladie du rat, transmissible à l'homme, qu'elle est causée par un bacille spécial dont il décrit les caractères; il obtient enfin ce bacille en culture pure qui a servi à préparer le sérum antipesteux. Deux ans plus tard, Yersin allait en montrer, pour la première fois, l'efficacité à Amoy dans une nouvelle mission en Chine. Depuis lors, bien des épidémies de peste ont été arrêtées, grâce à la découverte de notre correspondant.

C'est en 1895 que le Dr Yersin a fondé en Annam cet Institut Pasteur de Nha Trang qu'il n'a pas quitté depuis lors et qu'il n'a cessé d'agrandir et de perfectionner. C'est là que, dans le courant de février de cette année, j'ai eu pour la première fois l'occasion de le rencontrer et d'apprécier tout

le charme de cet esprit d'élite de ce savant qui, mieux que tout autre, connaît à merveille notre grande colonie d'Extrême-Orient. Cet établissement est consacré à l'étude des maladies du bétail et à la préparation du sérum contre la peste bovine qui fait de fréquents ravages dans cette partie du continent asiatique.

Dès son installation à Nha Trang, le Dr Yersin a entrepris des recherches d'une nature toute différente des précédentes, des recherches agricoles. Pour cela, il obtient la concession de Suoï Giao et il y inaugure, avec des succès divers, des essais d'acclimatation des arbres à Gutta-percha, de la Coca du Pérou, du Palmier à huile de l'Afrique; il étudie diverses espèces de Caféiers, il va surtout chercher en Malaisie et sème des graines d'*Hevea brasiliensis*, ou arbre à caoutchouc; ce fut là l'origine de la première plantation de cet arbre en Annam. Très peu de temps auparavant, un essai du même genre avait été fait à Gia Dinh, aux environs de Saïgon, mais c'est à Yersin que revient le mérite d'avoir pour la première fois soumis un tel essai au contrôle d'une rigoureuse étude scientifique; elle lui a permis de fixer de nombreux points relatifs au traitement rationnel des arbres, à la coagulation du latex. Il a distribué autour de lui des graines sélectionnées et fait la démonstration définitive de la possibilité de cultiver en grand l'*Hevea* dans notre Colonie.

Son zèle d'apôtre a porté des fruits précieux : le voyageur qui traverse aujourd'hui le sud de l'Indochine, comme je l'ai fait récemment, est émerveillé par l'admirable essor économique qui résulte, en grande partie, de la culture de l'*Hevea*. La plantation de Suoï Giao s'est développée depuis lors; elle couvre aujourd'hui environ 500 hectares et les bénéfices qu'elle procure sont entièrement consacrés par le Dr Yersin à la continuation de ses études sur les maladies des plantes et à l'introduction de nouvelles cultures en Indochine.

Dans ce but, il a demandé et obtenu, en 1918, la concession forestière du Hon Ba, à environ 50 kilomètres de Nha Trang; c'est un magnifique massif de forêt primitive, d'environ 1500 hectares, absolument vierge, avec une flore très riche qui est désormais soustraite aux dévastations; cette véritable réserve naturelle est comparable à celles que les Américains ont constituées dans leur pays. Le Dr Yersin y a entrepris des essais d'acclimatation en montagne d'arbres fruitiers d'Europe, de Cannelier de Chine, de Théiers, etc. Mais il s'est surtout préoccupé de l'acclimatation des Cinchonas, producteurs de quinine. Ces arbres à quinquina, aux exigences multiples, n'ayant pas prospéré au Hon-Ba par suite de la nature granitique d'un sol trop pauvre, il a recherché et trouvé, à Dran et à

Djiring, des terres brunes, d'origine basaltique, constituant un sol très riche qui, grâce à des conditions favorables d'altitude et de climat, ont donné des résultats des plus satisfaisants. Les Cinchonas sélectionnés et greffés y ont parfaitement réussi; ils fournissent des teneurs en quinine très remarquables. Ces essais donnent les plus grands espoirs pour l'avenir; s'ils sont réalisés, le Dr Yersin aura rendu un nouveau et grand service en nous affranchissant du lourd tribut payé à Java pour l'alimentation en quinine de nos Colonies.

Telle est, réduite à ce qu'elle a d'essentiel, l'œuvre bien plus touffue du du Dr **Yersin**; elle est belle et féconde entre toutes. N'ayant guère quitté l'Annam depuis près de trente-cinq ans, il s'est toujours désintéressé de tout ce qui n'était pas l'action et il a négligé de mettre en relief les résultats de ses efforts. C'est à l'Académie qu'il appartient de le faire.

En décernant la plus haute distinction dont elle dispose cette année à ce savant d'une inlassable curiosité scientifique, plein d'initiative, de courage, de modestie et de désintéressement, l'Académie accomplira un acte de justice. Elle montrera ainsi qu'elle sait trouver le mérite là où il se trouve, même lorsqu'il se trouve fort loin d'elle, et aussi qu'elle attache une très grande importance non seulement aux travaux théoriques de laboratoire, mais encore à toute recherche d'ordre pratique intéressant la grandeur et la prospérité du domaine colonial de la France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Moureu, Richet, Quénu, Desgrez; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Tréfouel**, assistant à l'Institut Pasteur, et à Mme **Jacques Tréfouel**, pour leurs travaux sur certains composés du carbone et leur action thérapeutique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bigourdan, Baillaud, Kœnigs, Borel; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Stanislas Zaremba**,

professeur à l'Université et membre de l'Académie des sciences de Cracovie, pour ses travaux d'analyse mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix par parties égales entre :

M. **André Liot**, docteur en pharmacie, pour son ouvrage intitulé : *Culture du bacille pyocyanique sur milieux chimiquement définis;*

M. **Michel Macheboeuf**, assistant à la Faculté des sciences, pour ses recherches sur le rôle du nickel et du cobalt chez les animaux, et sur les composés phosphorés du sang.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Guignard, A. Lacroix, Bigourdan, Kœnigs, Borel; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Duclaux**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, Appell, Guignard, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Fromaget**, géologue du Service géologique de l'Indochine, pour ses travaux sur la stratigraphie et la tectonique de l'Annam.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, Appell, Guignard, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Richard**, ancien préparateur à l'École nationale supérieure des Mines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, Appell, Guignard, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont partagés entre M[mes] **Cusco** et **Rück**.

PRIX HÉLÈNE HELBRONNER, NÉE FOULD.

(Commissaires : MM. Émile Picard, A. Lacroix, Ch. Barrois, Hamy, Blondel, Foch, Paul Janet, J.-L. Breton, Maurice d'Ocagne, Maurice de Broglie, Alexandre Desgrez, Séjourné, Jean Charcot; Paul Helbronner, rapporteur).

Ce prix, décerné pour la première fois cette année, a été fondé en souvenir de la collaboration morale et continue et de l'effacement complet de soi-même qu'une compagne au grand cœur et de pensée très élevée a voulu témoigner à son mari pendant plus d'un quart de siècle, dans la poursuite d'un idéal scientifique et national.

L'esprit de la fondation en souhaite l'attribution à la veuve d'un savant

français dont elle aura manifestement aidé la carrière ou prolongé le souvenir, soit en collaborant matériellement à ses travaux, soit en subissant avec abnégation les efforts et les difficultés, inhérents à ses recherches, soit en présidant à la publication posthume de ses œuvres, en tout cas en restant fidèlement attachée à sa mémoire. Votre Commission a pensé qu'aucun nom ne pouvait paraître plus digne de son premier choix que celui de la veuve de **Franz Schrader.**

Il est inutile de rappeler les titres scientifiques de l'éminent géographe et cartographe, illustre aussi par ses admirables traductions artistiques de la grande nature, où l'on ne saurait dire quel mérite domine de la rigoureuse honnêteté des lignes du dessin ou du charme de la puissance et de la transparence des couleurs. Nul n'ignore l'œuvre topographique de ses levés pyrénéens et andins, basée sur d'originales inventions, parmi lesquelles l'orographe et le tachéographe resteront classiques. Sa réputation a fait le tour du monde, portée sur les pages d'un Atlas que la Science française, soucieuse de précision, de jugement et de clarté, a le droit de penser au moins égales aux plus belles productions étrangères. Ne pourrait-on pas d'ailleurs caractériser ses œuvres en remarquant qu'il en est peu où tant de science se soit manifestée dans la partie artistique et tant d'art dans la partie scientifique?

Fille d'un homme remarquable qui s'était consacré à l'enseignement et qui avait éprouvé l'honneur et la joie de l'amitié de penseurs et de savants célèbres, Mme Schrader, née Suzanne Goy, dotée d'une haute culture intellectuelle, avait commencé sa vie de désintéressement et de devoir en ne consentant à fonder son bonheur personnel qu'après avoir achevé son rôle d'éducatrice de la nombreuse famille dont elle était l'aînée, puis de jeunes amis auprès desquels elle consacra à Bayonne dix années de son adolescence. C'est alors seulement que, réalisant un rêve caressé depuis longtemps, elle épousa l'homme de grande bonté et de puissante intelligence, auquel elle apporta les magnifiques qualités de dévouement que, déjà longuement, dans la première partie de sa vie, elle s'était plu à développer et à mettre à l'épreuve.

Du jour où l'illustre géographe fut chargé par la librairie Hachette de reprendre l'Atlas universel, ébauché par Vivien de Saint-Martin, Mme Schrader est devenue la collaboratrice qui décharge le travailleur de tous les soucis d'une existence matérielle souvent difficile et la conseillère qui soutient dans les luttes comme celles que la confection d'un Atlas de

cette importance, si longue, si minutieuse, si sujette à délicates controverses, peut provoquer.

Mme Schrader, sur le terrain comme dans le cabinet de travail, accompagna presque constamment son mari : on peut la suivre, tantôt gravissant les cimes des Pyrénées où elle se tenait à côté de lui pendant la confection de mémorables tours d'horizon, tantôt dans les reconnaissances du Massif du Mont-Blanc, dont l'une fut marquée par un grave accident, et dont une autre la conduisit jusqu'à l'Observatoire des Bosses, voisin de la cime culminante de nos prestigieux massifs de la frontière du Sud-Est. Les qualités d'endurance, aussi bien que son sang froid en montagne, dont par un esprit généralement bien différent quelques femmes se sont fait gloire depuis, ont eu les témoins très sûrs et les admirateurs très discrets, respectueux de sa modestie toute naturelle et de sa très délicate réserve (1). Mais, poussant bien au delà de la terre française le soin de soutenir le labeur de l'éminent cartographe, elle le suivit dans presque tous ses voyages de travail topographique en Orient et dans l'Amérique du Sud. Elle s'était tellement identifiée à lui qu'il avait coutume de dire que, sans elle, il n'aurait pu mener aucun travail à bonne fin.

A Paris, Mme Schrader a pris une part capitale au travail cartographique, à la préparation des leçons faites à l'École d'anthropologie, à la mise à jour des atlas et des manuels, et tout particulièrement à la correction des épreuves des cartes et des livres qu'elle a souvent assurée seule.

Depuis la mort de son mari, semblant vouloir répondre d'avance à toutes les directives que prévoit la fondation dont votre Commission vous propose aujourd'hui la première attribution, elle a consacré la majeure partie de son temps à classer ses documents topographiques et cartographiques, à surveiller le rajeunissement des livres scolaires fréquemment réédités, à préparer l'exposition de ses œuvres artistiques ainsi que les documents destinés aux notices que plusieurs auteurs ont publiées sur l'œuvre du grand géographe.

Il suffit, pour résumer cette magnifique compréhension du rôle le plus noble et le plus intellectuel de l'épouse, de citer les paroles que, lors de son jubilé scientifique, tenant à associer publiquement sa femme à l'hommage qui lui était rendu dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, prononçait

(1) Voir *Sur les routes du Mont-Blanc* (*Annuaire du Club Alpin Français*, 22e année, 1895, p. 42).

l'illustre savant : « Par quelles paroles pourrais-je exprimer la collaboration d'une autre âme qui complète une existence, collaboration de tous les instants, de toutes les pensées, aide fidèle et continue que je ne puis qu'indiquer d'un mot, dans l'impossibilité d'en exprimer la profondeur ».

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Marcel Alliot**, né à Paris le 15 juillet 1906, sorti avec le n° 1, en 1927, de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis, en 1927, avec le n° 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Marcel Alliot**, sorti premier dans le corps des mines, reçoit 750fr;
M. **André Ligouzat**, sorti premier dans le corps des ponts et chaussées, reçoit 750fr;
M. **Raymond Cheradame**, sorti second dans le corps des mines, reçoit 500fr;
M. **Charles Feyrabend**, sorti second dans le corps des ponts et chaussées; reçoit 500fr.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, Appell, Guignard, A. Lacroix; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel Jobelot**, météorologiste à l'Observatoire Montsouris, pour ses appareils de gonflement automatique des ballons-sondes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GEGNER.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, Appell, Guignard, A. Lacroix; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Francisque Dumont**, professeur agrégé à l'Université, pour ses travaux de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, Appell, Émile Picard, A. Lacroix; Guignard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Hirn à M. **René Fabre**, professeur agrégé à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux relatifs à la fluorescence et ses applications en analyse et en biologie. Grâce à une technique bien mise au point, permettant de définir la fluorescence d'une manière rigoureuse, il a obtenu des résultats fort intéressants dans l'étude qualitative et quantitative de ce phénomène, résultats qui lui ont fourni des renseignements utiles et très exacts sur la matière et la pureté de nombreux produits chimiques. Les recherches de M. Fabre l'ont conduit, en particulier, à donner des précisions sur le phénomène de la photosensibilisation par l'hématoporphyrine, à sélectionner les radiations actives provoquant

l'hémolyse sous l'influence de ce facteur, et à établir un procédé spectrophotométrique permettant de doser avec certitude la quantité d'hémoglobine entrée en solution par suite de la destruction des hématies.

L'importance que présente l'emploi de ces techniques nouvelles apparaît nettement lorsqu'on envisage l'intérêt des résultats ainsi obtenus. Ces travaux ont donc le mérite d'orienter les chercheurs vers l'application des méthodes physiques à l'étude approfondie des phénomènes biologiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Barrois, Hamy, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis de Broglie**, docteur ès sciences, pour ses essais sur la mécanique ondulatoire et la structure atomique de la matière et du rayonnement.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Barrois, Émile Picard, Lallemand, Henry Le Chatelier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 27 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les subventions suivantes. Il rappelle à nouveau, et pour la dernière fois, aux intéressés, que toute demande formulée par le personnel des Établissements désignés par le fondateur ou par le Président de l'Académie, doit être appuyée par le Conseil de ces Établissements. Désormais, toute demande qui n'aura pas été soumise à cette approbation préalable sera écartée.

I. — *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'histoire naturelle.* — 4000fr à M. **Désiré Bois**, professeur, pour l'aider à la publication de la troisième partie d'un *Guide aux collections de plantes vivantes du Muséum*, consacré aux arbres et arbrisseaux utiles ou ornementaux.

6000fr à M. **Paul Chabanaud**, préparateur à l'École pratique des hautes-études, pour poursuivre en Autriche et en Hollande des travaux relatifs à une étude générale, morphologique et systématique des Poissons hétérosomes du sous-ordre des Soléiformes.

2° *Collège de France.* — 3000fr à M. **Charles Moureu**, membre de l'Académie, professeur, pour faire exécuter la transformation du grand cathétomètre de son laboratoire, dans le but d'entreprendre la mesure de la densité des gaz, et particulièrement celle du krypton et du xénon purs.

3° *Conseil central des Observatoires.* — 4000fr à l'**Observatoire de Paris**, pour achever la publication du catalogue de Lalande.

3000fr au **Journal des Observateurs** pour aider cette utile publication.

4° *Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique.* — 15000fr à la **Bibliothèque de l'École Polytechnique** pour combler les lacunes existant dans un certain nombre de périodiques.

5° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 11000fr à la bibliothèque, pour compléter diverses collections et acheter les ouvrages importants de langues française ou étrangère se rapportant aux sciences vétérinaires.

6° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 5000fr à la bibliothèque, pour lui permettre de compléter ses collections de périodiques interrompues pendant la guerre.

1000fr à M. **Jean Basset**, professeur, pour poursuivre des recherches sur la vaccination contre le *charbon bactéridien.*

7° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 3000fr à M. **Marcel Petit**, professeur, pour l'étude des lymphatiques du pied du cheval, notamment ceux de la membrane kératogène.

8° *Institut national agronomique.* — 2000fr à M. **Charles Voitellier**, professeur, pour déterminer les conditions dans lesquelles il serait possible de substituer, dans les élevages, un contrôle périodique au contrôle journalier de la production des œufs en vue de la sélection des pondeuses.

II. — *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président.*

Conservatoire national des Arts et Métiers. — 5000fr à M. **Emilio Damour**, professeur, pour poursuivre des travaux de documentation sur les propriétés

des verres s'appliquant aux principales spécialités verrières : cristallerie, gobeletterie, flaconnage, verre à bouteilles, verre à vitres, glacerie.

III. — *Sur demandes indépendantes.*

3000^{fr} à M. **Norbert Casteret**, pour poursuivre ses recherches et ses travaux spéléologiques dans la région des Pyrénées centrales.

6000^{fr} au **Comité français de géodésie et géophysique** (6e section : Magnétisme terrestre, Électricité atmosphérique et tellurique), pour subvenir aux frais de la 7e campagne du nouveau réseau magnétique de France, et des calculs nécessaires à la coordination des observations recueillies.

5000^{fr} à M. **Gaston Delépine**, professeur à la Faculté libre des sciences de Lille, pour lui permettre de poursuivre des études sur le calcaire carbonifère des Asturies.

5000^{fr} à l'**École supérieure d'aéronautique et de construction mécanique**, pour acquérir le matériel nécessaire, d'une part à la mise en évidence et à la détermination des points critiques et d'autre part à des essais de dureté.

6000^{fr} à l'**École technique de photographie et de cinématographie**, pour compléter l'outillage des laboratoires de recherches de l'École, en vue d'entreprendre une étude systématique des préparations photographiques.

5000^{fr} à M. **Gaston Fayet**, directeur de l'Observatoire de Nice, pour assurer, en 1927, la publication régulière du Bulletin de l'Observatoire.

5000^{fr} à la **Fédération française des Sociétés de sciences naturelles**, pour subvention à la *Faune de France*.

10000^{fr} au **Musée d'histologie de l'hôpital Saint-Louis**, pour l'achat de matériel instrumental et de clichés en couleurs.

6000^{fr} à M. **Emmanuel Passemard**, docteur ès sciences, pour l'aider à continuer en Syrie et au Liban les recherches de préhistoire et de géologie du Quaternaire entreprises grâce à une première subvention.

2000^{fr} à M. **Paul Pallary**, instituteur, pour lui faciliter des études zoologiques et préhistoriques au Maroc.

10000^{fr} à M. l'abbé **Pierre Teilhard de Chardin**, professeur à l'Institut catholique, pour l'aider à poursuivre ses recherches géologiques et paléontologiques dans la Chine septentrionale.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 125000fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*	
Muséum national d'histoire naturelle :	
M. Désiré Bois	fr. 4000
M. Paul Chabanaud	6000
Collège de France :	
M. Charles Moureu	3000
Conseil central des Observatoires :	
Observatoire de Paris	4000
Journal des observateurs	3000
École polytechnique :	
Bibliothèque	15000
Ecole nationale vétérinaire d'Alfort :	
Bibliothèque	11000
École nationale vétérinaire de Lyon :	
Bibliothèque	5000
M. Jean Basset	1000
École nationale vétérinaire de Toulouse :	
M. Marcel Petit	3000
Institut national agronomique :	
M. Charles Voitellier	2000
2° *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président :*	
Conservatoire national des arts et métiers :	
M. Emilio Damour	5000
3° *Subventions accordées sur demandes directes :*	
M. Norbert Casteret	3000
Section de magnétisme terrestre du Comité français de géodésie et géophysique	6000
M. Gaston Delépine	5000
École supérieure d'aéronautique et de construction mécanique	5000
Ecole technique de photographie et de cinématographie	6000
M. Gaston Fayet	5000
Fédération française des sociétés des sciences naturelles	5000
Musée d'histologie de l'hôpital Saint-Louis	10000
M. Emmanuel Passemard	6000
M. Paul Pallary	2000
M. l'abbé Pierre Teilhard de Chardin	10000
Total	125000

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; Richet, rapporteur.)

L'annuité est attribuée à M. **Gustave Rappin**, directeur de l'Institut Pasteur de Nantes, pour ses travaux sur le cancer et la tuberculose.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERRE LAFITTE.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Branly, Brillouin, Janet, Ferrié, Cotton; Villard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Abraham**, professeur à la Faculté des sciences, pour l'ensemble de ses travaux sur la télégraphie sans fil.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent; Roux, rapporteur.)

M. le Dr **A. Borrel**, d'abord chef de service à l'Institut Pasteur, puis professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, s'occupe depuis plus de trente ans de la question du cancer. Il a découvert des faits nouveaux qui lui ont suggéré des vues originales sur l'étiologie des tumeurs cancéreuses.

De 1890 à 1892 il a publié des travaux sur la signification des figures décrites comme coccidies et rejeté définitivement la théorie coccidienne du cancer.

En 1906, à l'Institut Pasteur, il a démontré le rôle du cysticerque du *Tœnia crassicola* du chat dans la genèse du sarcome du foie du rat. A la même époque, il a signalé la présence de Nématodes au niveau des tumeurs cancéreuses de la mamelle chez les Souris. Cette année même il a publié

dans les *Comptes rendus* des observations intéressantes sur le rôle de certaines Filaires dans la genèse de l'adéno-carcinome de la souris.

M. Borrel pense qu'il faut étudier chaque sorte de tumeur cancéreuse à son début, à l'état naissant pour ainsi dire, afin de surprendre la cause qui la provoque. Chaque tumeur peut avoir une étiologie différente. Pour lui, les cellules modifiées par la présence de parasites ou par toute autre cause irritante, brûlure, rayons X, etc., deviendrait apte à être envahie par un virus cancéreux, vivant en symbiose avec elle, d'où ses propriétés de multiplication indéfinies.

Les nodosités des Légumineuses, les tumeurs du *Molluscum contagiosum*, etc. fournissent des exemples de symbiose cellulaire avec prolifération.

Les travaux importants et d'un caractère si original du professeur A. Borrel ont paru à la Commission dignes d'être encouragés et elle propose à l'Académie d'attribuer à M. **Borrel** les arrérages de la fondation Roy-Vaucouloux pour 1927.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

LECTURES.

M. **Émile Picard**, secrétaire perpétuel, lit la notice historique sur *la vie et l'œuvre de* Jean-Baptiste Biot, membre de l'Académie.

A. Lx et É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1927.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Noël, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 27 décembre.

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie, au nom de M. **Paul Appell**, du Tome I des *Œuvres de* Henri Poincaré. Dans sa Préface, M. **Paul Appell** s'exprime en ces termes :

La publication des *Œuvres de Henri Poincaré* entreprise par Gaston Darboux, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et commencée dès la mort de l'illustre géomètre (le Tome II seul est paru), a été interrompue par la guerre, ainsi que par la mort de Gaston Darboux et de Pierre Boutroux qui avaient assumé la plus grande partie de la tâche à accomplir.

Les difficultés économiques actuelles auraient rendu difficile la reprise de cette publication, si nécessaire cependant à la science mathématique, si l'Académie n'avait décidé, sur la proposition unanime de sa Section de Géométrie, d'y consacrer une somme importante obtenue sur les fonds recueillis dans la Journée Pasteur.

Grâce à cette décision la Section de Géométrie espère pouvoir, avec le concours de M. Jules Drach, professeur à la Faculté des sciences de Paris, qui a bien voulu se charger de revoir les manuscrits et les épreuves, faire paraître régulièrement les tomes successifs.

La maison Gauthier-Villars, dont l'habileté est universellement connue, continue d'apporter son aide appréciée à la publication.

La France élèvera ainsi à Henri Poincaré le monument le plus digne de sa mémoire. Grâce à ses Œuvres, les jeunes mathématiciens pourront connaître la pensée du maître incomparable dont l'influence sur les mathématiques a été si considérable et continuer à progresser dans les voies fécondes qu'il a ouvertes.

LITHOLOGIE. — *Les rhyolites et les trachytes hyperalcalins quartzifères, à propos de ceux de la Corée.* Note [1] de M. **A. Lacroix.**

La découverte récente [2] en Corée de régions volcaniques à laves hyperalcalines présente un vif intérêt, à cause de la situation de la péninsule placée entre le Japon, dont les nombreux volcans font partie de la ceinture circumpacifique à caractère calco-alcalin, et la Chine orientale, dont je viens de préciser les caractéristiques lithologiques. L'éloignement des voies ferrées et la rigueur de la température, en décembre, ne m'ont pas permis de visiter ces régions, au cours de mon voyage en Extrême-Orient, et j'ai dû me contenter d'étudier, tant à Séoul qu'à Tokio, les collections de préparations microscopiques de MM. Shigetaro Kawasaki et F. Yamanari et plus tard les échantillons que m'ont envoyés ces savants, ainsi que MM. Bundjiro Koto et S. Kozu. Je me propose de résumer mes observations et de présenter à leur sujet quelques considérations.

Les roches étudiées proviennent de deux parties distinctes du Nord Kankyo-Do, de la région de l'Hakuto san (frontière de la Corée et de la Mandchourie) et des districts de Kisshu et Meisen, situés au Sud-Est, non loin de la mer du Japon.

Le sommet de l'Hakuto san (2744^{m}) est creusé du cratère-lac Ten-chi, de 12^{km} de circonférence; ses bords sont entaillés dans un trachyte (*hakutoïte* de M. Yamanari), reposant sur des rhyolites; de grandes nappes de laves basaltiques enveloppent de toutes parts le pied de la montagne. Au Sud-Est et sur près de 100^{km}, se développe la chaîne volcanique de l'Hakuto [3], série de pitons de même composition que la montagne principale. Les laves de couleur claire sont néogènes ou datent du Quaternaire ancien; les basaltes [4] sont plus récents.

---

(1) Séance du 3 décembre 1927.

(2) F. Yamanari, *Geol. Altas of Chosen*, n° 3, 1925. — S. Kozu et K. Seto, *Some alkali-rocks occuring in Korea* (*Congrès panpacifique*, *Tokio*, 1926; sous presse).

(3) S. Kawasaki, *Journ. of Chosen Natural History*, n° 4, 1927, p. 19.

(4) Le basalte de l'Hakuto est du type II(III) [5.'3.4] [3.(1)2.2'.'3]; à Ryudo (Meisen), il s'agit d'une *limburgite* III ['6.3.4(5)] [(1)2.3.2.'2].

Rhyolites. — D'une façon générale, les rhyolites et rhyolitoïdes hyperalcalines, caractérisées par leur richesse en alcalis et par la présence de silicates ferro- ou ferrisodiques (conséquence de ce que le nombre des molécules des alcalis est plus grand que celui des molécules d'alumine), sont répartis en deux groupes, les *comendites* et les *pantellérites*. En réalité, comme dans la plupart des familles lithologiques, il s'agit là d'une série *continue*, dans quoi les divisions spécifiques représentent des *discontinuités* artificielles, établies, plus ou moins consciemment, pour la commodité des descriptions. L'étude des rhyolites coréennes permet de démontrer ce fait avec une netteté parfaite et de confirmer les conclusions auxquelles conduit la connaissance d'autres centres volcaniques, l'Afar (pays Somali) et Pantelleria, en particulier:

Deux facies minéralogiques *indépendants de la composition chimique* sont à considérer dans toute l'étendue de cette série. Dans l'un, les phénocristaux d'orthose plus ou moins sodique ou d'anorthose, avec (rhyolites) ou sans (rhyolitoïdes) phénocristaux de quartz, avec hédenbergite vert clair, parfois cossyrite, fayalite ou amphiboles sodiques, sont distribués dans une masse vitreuse ou sphérolitique; il existe des formes aphyriques et de véritables verres (obsidiennes, perlites, etc.). Ce facies représente des formes de refroidissement rapide, sans intervention nécessaire de fluides magmatiques.

Le second facies est constitué par des roches lithoïdes, verdâtres ou bleuâtres, souvent rubanées et fluidales. La cristallinité de la pâte englobant, ou non, des phénocristaux des minéraux précités est parfois assez grande, soit d'une façon uniforme, soit dans des lits particuliers ou dans des taches, notamment en bordure de cavités ou près de surfaces limitant des lits successifs. L'examen microscopique montre que les portions à plus grande cristallinité résultent de la transformation du facies précédent: la structure est microlitique ou sphérolitique, parfois microgrenue ou micropegmatique, avec plages pœcilitiques d'ægyrine ou d'amphiboles sodiques (riebeckite ou types voisins, ænigmatite), présentant fréquemment une *structure membraneuse*.

Ces associations sont riches en quartz et tous les minéraux qui viennent d'être cités peuvent s'isoler en cristaux distincts dans des *lithophyses*: la tridymite n'est pas rare dans celles-ci.

Il y a vingt-huit ans, en décrivant pour la première fois [1] des roches de ce genre, provenant du tracé actuel du chemin de fer de Djibouti à Addis Abeba, j'ai montré que la cristallinité de ces roches est due à ce que j'appelle aujourd'hui l'autopneumatolyse. On observe ces phénomènes aussi bien dans les pantellérites que dans les comendites, que seule la teneur en minéraux colorés (Σ_b) — qu'ils soient exprimés ou restés à l'état potentiel dans le verre — permet de distinguer les unes des autres.

Dans les comendites-pantellérites coréennes toutes ces particularités

---

[1] *Comptes rendus*, **128**, 1899, p. 1353.

minéralogiques et structurales se rencontrent; le premier facies est très développé à l'Hakuto san, il est accompagné du second facies renfermant de l'ægyrine, de la riebeckite et de l'ainigmatite pœcilitique violacée, alors que celle qui existe en phénocristaux possède la couleur brun foncé de la cossyrite de Pantelleria. Dans le district de Meisen, certains types ne renferment que de l'ægyrine pœcilitique (Zaitskusan) et d'autres, que de la riebeckite (Kishindo) ([1]).

Je donne ci-contre une série d'analyses ([2]), en les ordonnant suivant la teneur décroissante en minéraux lourds (virtuels). On voit que la série est véritablement continue; on pourrait y intercaler des types similaires de l'Afar et de Pantelleria sans en diminuer l'homogénéité; je l'ai prolongée par deux analyses de pantellérites dont la teneur en minéraux colorés est encore plus grande. On voit que cette teneur est une conséquence de variations inverses dans la proportion de l'alumine et du fer.

Malgré cette continuité de composition, il n'est pas inutile de conserver le terme de pantellérite, ne serait-ce que pour faciliter la comparaison de ces laves avec les roches filoniennes de même composition, les grorudites. On peut établir la coupure qui les délimite aux roches renfermant 12,5 pour 100 d'éléments colorés, afin de la faire coïncider avec une valeur particulière (II) du premier paramètre magmatique, mais j'insiste sur ce que ce n'est là qu'une division arbitraire.

On remarquera que, dans l'ensemble de la série, les teneurs en silice totale et en silice libre subissent des variations relativement faibles, comparativement à celles des minéraux colorés et des feldspaths qui s'effectuent en sens inverse pour chacun de ces groupes de minéraux.

1.	*Comendites.*	Sekibo. Meisen	(facies microgranulitique).......	I'.(3)4.1.3.
2.	»	Kaishindo »	(facies à lithophyses)............	I'.4.1.3
3.	»	Zaitokusan »	»	I(II).'4.1.3
4.	»	St Hakutosan	»	I(II).4.1.3'
5.	*Pantellérites*	»	»	(1) II.'4.1.3
6.	»	»	(facies vitreux)..................	II.3(4).1.3
7.	»	Mont San Elmo. Pantelleria	....	II.'4.1.3
8.	»	Fantalé. Afar. (obsidienne)	....	II(III).3.1.'3.

([1]) A Sekibo, se trouve un type microgranulitique, à grain très fin, dont les plages pœcilitiques de riebeckite et d'ænigmatite sont grandes et simulent des phénocristaux, comme dans les roches similaires du Mounio (région du Tchad).

([2]) Analyses effectuées par M. Raoult à l'exception de 7 (M. Washington) et 12 (M. Boiteau).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2.....	75,18	73,38	72,54	71,76	72,86	73,20	70,14	69,06
Al^3O^3....	11,40	11,88	11,79	11,65	10,64	9,31	8,61	6,30
Fe^2O^3....	1,25	2,32	2,82	2,51	3,42	3,25	6,01	4,98
FeO.....	2,45	1,91	1,91	3,23	2,77	3,10	2,73	6,26
MgO.....	traces	»	»	»	»	0,04	0,20	0,27
CaO.....	0,48	0,54	0,52	0,62	0,64	0,38	0,45	0,94
Na^2O....	3,92	4,08	4,44	4,68	4,73	5,25	5,44	7,37
K^2O.....	4,68	5,05	4,87	4,51	4,30	4,43	4.20	3,39
TiO^2....	0,24	0,28	0,40	0,38	0,32	0,60	0,86	0,61
P^2O^5....	0,06	0,08	0,06	0,05	traces	0,10	0,12	0,07
H^2O (+).	0,30	0,30	0,53	0,59	0,36	0,28	0,35	0,47
» (—).	0,35	0,14	0,27	0,22	0,21	0,12	0,17	»
MnO....	0,14	0,10	0,13	0,10	0,12	0,19	0,38	0,17
	100,45	100,06	100,28	100,30	100,37	100,25	99,86 (1)	100,04 (2)
Σ_b......	6,9	7,2	9,5	12,3	15,4	19,2	26,9	36,2
SiO^2 libre.	32,8	29,5	27,5	25,5	28,4	31,7	27,6	29,5

Trachytes à silice libre. — L'hakutoïte est associée aux rhyolites à l'Hakutosan et dans le district de Meisen.

Elle présente aussi les deux mêmes facies et la même composition minéralogique qualitative que les rhyolites, mais avec beaucoup moins de quartz : 1° le facies qui résulte d'un refroidissement rapide sans recristallisation postérieure (obsidienne de Kalsan et trachyte très vitreux à verre fluidal brunâtre hétérogène renfermant des phénocristaux de fayalite, hédenbergite ægyrinique, sanidine et magnétite (sommet Heishigan dominant le lac Ten-chi); 2° le facies caractérisé par des lithophyses avec les mêmes phénocristaux dans une pâte riche en microlites de sanidine qu'enveloppent du quartz, de l'ainigmatite et de l'hédenbergite ægyrinique ou de la riebeckite pœcilitiques (Hakuto et Meisen).

A Toko-Do (Meisen), les phénocristaux comprennent l'orthose sodique, un pyroxène gris vert, passant à l'hédenbergite ægyrinique par une zone faiblement polychroïque, jaune d'or, vert foncé (n_g) (Korea-augite de M. Yamanari). Des microlites aplatis de sanidine sont accompagnés de grains de quartz et moulés par des plages pœcilitiques d'ænigmatite, d'une amphibole d'un vert bleu et par du quartz.

Les analyses 9 à 11 montrent que ces trachytes sont quartzifères ou quartziques; leur teneur en minéraux colorés est celle de la partie moyenne de la série rhyolitique. Il y aurait lieu d'ailleurs de rechercher, par l'étude d'un plus grand nombre d'échantillons, si, en Corée même, il n'existe pas dans les hakutoïtes des variations plus étendues dans le pourcentage des éléments colorés. La proportion de la silice totale est plus faible, celle de

(1) ZrO^2 : 0,14; SO^3 : 0,06.
(2) Cl : 0,02; SO^3 : 0,47.

l'alumine plus forte et c'est là, avec une pauvreté en chaux un peu moindre, la seule différence chimique essentielle d'avec les comendites-pantellérites.

Les analyses 12 à 14 font voir que l'hakutoïte n'est pas spéciale à la Corée ; des roches minéralogiqnement et chimiquement semblables existent, en effet, dans d'autres régions ; il faut leur comparer celles constituant ces petits dômes du sud de l'Ankaratra, à Madagascar, que j'ai décrits jadis et dont celui de Marovitsika présente les oscillations de composition visibles dans les analyses 12 et 14, puis les trachytes ægyriniques d'Arto, dans l'Afar, et de Terceira, aux Açores, et enfin les trachytes riebeckitiques carbonifères des Eildon Hills, près Melrose (Écosse). Tout cet ensemble est intermédiaire entre les rhyolites et les trachytes à silice saturée. Il est intéressant de noter que c'est parmi les roches les plus riches en quartz que se rencontrent les types les plus riches en minéraux colorés, et cette remarque peut être étendue à toutes les roches hyperalcalines.

9. Heishigan (Hakuto san) (2e facies)........ I(II).(4)5.1.(3)4.
10. » (») (1er facies)........ I(II).'5.1.(3)4.
11. Toko-Do (») (2e facies)........ (I)II.4'.1.(3)4
12. Marovitsika (Madagascar) (type dominant). I.4'.1.(3)4
13. Arto. Afar.............................. I.4(5).1.(3)4
14. Morovitsika............................. I(II).'5.1.4
15. Melrose (Ecosse)........................ I(II).4(5).1.(3)4.
16. Serreta. Terceira (Açores).............. I(II).(4)5.1.'4.

	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
SiO^2	67,42	65,84	67,88	68,28	68,40	66,98	68,48	66,82
Al^2O^3	15,07	15,39	13,47	17,08	15,96	15,63	14,45	14,74
Fe^2O^3	0,41	1,45	2,46	1,58	1,25	1,70	1,45	3,77
FeO	2,79	3,55	3,27	1,03	1,73	2,68	2,13	1,18
MgO	0,25	0,03	traces	0,14	traces	traces	0,07	0,04
CaO	1,42	1,50	1,14	0,26	0,72	0,78	0,92	1,18
Na^2O	6,11	5,96	5,72	5,68	5,97	6,94	6,14	6,77
K^2O	5,01	5,27	4,35	4,62	4,93	4,49	4,91	4,52
TiO^2	0,72	0,66	0,36	0,23	0,10	0,23	0,26	0,40
P^2O^5	0,07	0,12	0,07	0,10	0,09	0,09	0,13	0,13
H^2O (+)	0,36	0,21	0,57	0,72	0,43	0,26	0,75	0,45
» (—)	0,05	0,08	0,67	0,41	0,63	0.35	0,23	0,12
MnO	0,14	0,17	0,18	n. d.	0,08	0,11	0,09	0,11
	99,85	100,23	100,14	100,13	100,29	100,24	100,01	100,23
Σ_b	10,5	11,4	12,5	3,5	4,6	10,5	10,4	12,0
SiO^2 libre	9,8	7,7	15,9	16,8	13,0	7,6	12,6	10,7

Si l'on conserve le terme d'hakutoïte, il faut donc l'appliquer à l'ensemble des *trachytes* hyperalcalins α, riches en silice libre, et ceux-ci passent eux-mêmes par gradations insensibles aux trachytes sans quartz.

Notons en terminant, que la roche de Toko-Do renferme des enclaves homœogènes microscopiques, microsanidinites quartzifères et amphiboliques formées *in situ*, les unes holocristallines, les autres renfermant un peu de verre. En outre, dans tous les gisements d'hakutoïte de la région du Sud-Est, se trouvent des blocs projetés de syénites à ægyrine, hédenbergite ægyrinique, riebeckite, fayalite, quartz et pseudomorphoses en opale d'un silicate disparu, syénites constituant des débris d'une roche en place dans l'intérieur du massif du volcan, forme plus ou moins profonde de la lave qui les a amenés au jour.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la loi d'absorption des rayons X par la matière.* Note de M. **P. Villard.**

L'affaiblissement qu'un faisceau de rayons X subit en traversant la matière résulte, comme on le sait, de deux phénomènes distincts, la diffusion simple et l'absorption vraie, dite de fluorescence.

Conformément à la notation usuelle, désignons par $\frac{\mu}{\rho}$ le coefficient exponentiel global d'affaiblissement, rapporté à l'unité de masse par centimètre carré d'un écran absorbant de densité ρ; soient, de même, $\frac{\sigma}{\rho}$ et $\frac{\tau}{\rho}$ les coefficients partiels de diffusion et d'absorption vraie. On a, évidemment: $\frac{\mu}{\rho} = \frac{\sigma}{\rho} + \frac{\tau}{\rho}$.

Le terme de diffusion $\frac{\sigma}{\rho}$ varie peu avec la longueur d'onde, et, sauf pour les rayons très pénétrants, sa valeur relative est assez faible pour qu'à l'approximation près des mesures existantes on puisse le supposer constant.

Le coefficient $\frac{\tau}{\rho}$ croît, au contraire, avec la longueur d'onde, à peu près suivant la loi très rapide, connue sous le nom de loi de Bragg et Peirce (¹), et qui, théoriquement, s'exprimerait par la relation.

$$\frac{\tau}{\rho} = C\lambda^3, \tag{1}$$

λ étant la longueur d'onde et C une constante proportionnelle à la quatrième puissance du numéro atomique et à l'inverse de la masse de l'atome.

(¹) *Philos. Mag.*, 6ᵉ série, **28**, 1914, p. 626.

Cette loi ne s'est jamais vérifiée, ni avec l'exposant 3, ni en lui substituant des nombres tels que 2,5, 2,77, 2,92 etc., qui ont été successivement proposés.

Il est impraticable de discuter les écarts qui existent entre la courbe théorique et la courbe expérimentale dont, en raison des irrégularités résultant de l'extrême difficulté des mesures, le tracé est un peu incertain. La présence d'un facteur à variation rapide, tel que λ^3, suffit d'ailleurs pour masquer des particularités susceptibles d'interprétation.

A ce mode de discussion j'ai substitué la recherche de la loi suivant laquelle il conviendrait de faire varier le coefficient C, supposé, non plus constant, mais fonction de λ, pour établir l'accord avec l'expérience, l'exposant théorique 3 étant admis pour λ.

Posant ainsi

$$(2) \qquad C = C_0\varphi(\lambda), \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \frac{\tau}{\rho} = C_0\varphi(\lambda)\lambda^3,$$

C_0 étant une constante, on est ramené à l'étude très simple de la forme d'une courbe dont les ordonnées $C_0\varphi(\lambda)$ s'obtiennent en divisant les valeurs expérimentales de $\frac{\tau}{\rho}$ par le facteur λ^3, dont on est ainsi affranchi.

J'ai appliqué cette méthode à divers éléments, pour des longueurs d'onde notablement inférieures à celles des discontinuités K de ces éléments, et jusqu'à $0^{\text{A}},1$. Ce domaine est celui des rayons X usuels et a fait l'objet de nombreuses mesures, parmi lesquelles j'ai utilisé surtout celles, assez récentes, de M. Richtmyer (¹) et de M. Allen (²).

Ce mode d'examen montre que C passe, en général, par un maximum parfois supérieur de près de 40 pour 100 à la valeur presque constante que prend ce coefficient vers les grandes longueurs d'onde, et suivi d'une décroissance très rapide vers les longueurs d'onde courtes.

De ce fait résulte qu'aucune loi en $A\lambda^{3-n}$, avec A constant, ne saurait convenir, car on pourrait écrire

$$\frac{\tau}{\rho} = \frac{A}{\lambda^n}\lambda^3;$$

or, un tel coefficient de λ^3 croît indéfiniment quand λ tend vers 0, au lieu de passer par un maximum.

Dans un certain nombre de cas, la courbe expérimentale $C = C_0\varphi(\lambda)$

(¹) *Physical Review*, **18**, 1921, p. 13.
(²) *Physical Review*, **24**, 1924, p. 1; **27**, 1926, p. 266.

peut être tracée avec quelque précision; on reconnaît alors la *courbe de résonance* [courbe de Bjerknes [1]] *de la tension dans un circuit électrique amorti, excité par des ondes d'amortissement négligeable.*

L'écart entre l'observation et la loi théorique en λ^3 résulterait ainsi d'une *résonance atomique*, probablement nucléaire, puisqu'il s'agit de fréquences très supérieures à celle de la discontinuité du dernier niveau. Cette interprétation est extrêmement simple; je n'ai pas connaissance qu'elle ait été proposée.

La fonction $\varphi(\lambda)$ étant reconnue, les valeurs de C s'obtiennent par la formule classique de résonance. Dans cette formule figure le *facteur d'amortissement*, que l'on considère en général comme constant quand l'amortissement est faible et qu'on s'éloigne peu de la résonance. Ce n'est pas ici le cas, et, comme il est probable que ce facteur croît avec la fréquence, je l'ai supposé proportionnel à celle-ci; cette hypothèse arbitraire s'est montrée suffisamment approchée.

Représentant ainsi le facteur d'amortissement par dN, N étant la fréquence et d une constante, et désignant par λ_0 la longueur d'onde propre du résonateur, on peut écrire, en longueurs d'onde,

$$(3) \qquad C = C_0 \frac{4\lambda^2 + \frac{d^2}{\pi^2}\lambda_0^2}{\sqrt{\left(4\lambda^2 - 4\lambda_0^2 + \frac{d^2}{\pi^2}\lambda_0^2\right)^2 + 16\frac{d^2}{\pi^2}\lambda_0^4}}.$$

Si l'on supposait constant le facteur d'amortissement, le produit $d^2\lambda_0^2$ serait remplacé par $d'^2\lambda^2$, d' étant le décrément ordinaire des oscillations propres du résonateur. La courbe n'en serait pas beaucoup modifiée, et deviendrait seulement plus rapidement plongeante vers les courtes longueurs d'onde.

Les données de l'observation permettent de calculer, pour quelques corps, les valeurs de C_0, λ_0 et d; la formule (3) donne alors les valeurs de C, qu'il suffit de multiplier par λ^3 pour avoir $\frac{\tau}{\rho}$, d'où $\frac{\mu}{\rho}$ en ajoutant $\frac{\sigma}{\rho}$.

Dans le cas du *zinc*, par exemple, pour lequel les résultats publiés par M. Allen en 1924 et 1926 sont concordants, il convient de prendre

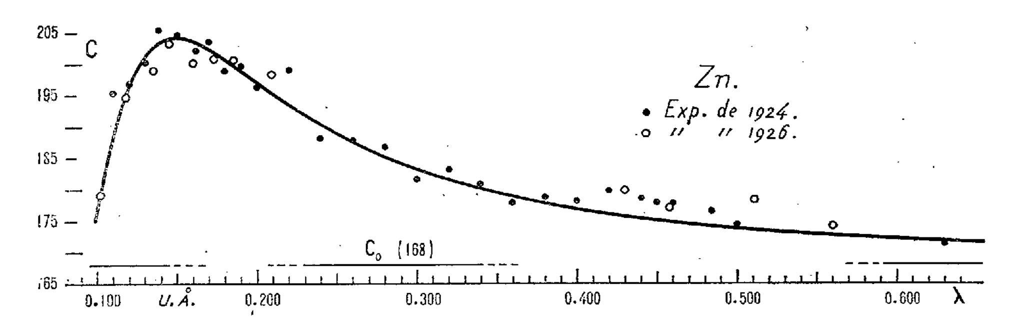
$$C_0 = 168, \qquad \lambda_0 = 0^A,093, \qquad d^2 = 2,1\pi^2$$

avec $\frac{\sigma}{\rho} = 0,20$, admis par le même auteur en 1924 pour $\lambda = 0,120$.

---

[1] *Wied. Ann.*, 6e série, **44**, 1891, p. 74.

Sur la figure 1, représentant la courbe calculée, sont portées les valeurs expérimentales de C, entre $\lambda = 0^A,100$ et $\lambda' = 0^A,630$.



Le tableau suivant donne les valeurs de $\frac{\mu}{\rho}$ observées et calculées :

λ.	$\frac{\mu}{\rho}$ obs.	$\frac{\mu}{\rho}$ calc.	λ.	$\frac{\mu}{\rho}$ obs.	$\frac{\mu}{\rho}$ calc.	λ.	$\frac{\mu}{\rho}$ obs.	$\frac{\mu}{\rho}$ calc.
$0^A,102$..	0,390	0,390	$0^A,180$..	1,36	1,37	$0^A,380$..	10,0	9,95
110..	0,46	0,45	185..	1,47	1,46	400..	11,6	11,5
118..	0,520	0,520	190..	1,57	1,56	420..	13,5	13,2
120..	0,54	0,54	200..	1,77	1,77	430..	14,5	14,2
130..	0,64	0,64	209..	2,01	1,98	440..	15,4	15,1
135..	0,690	0,698	220..	2,32	2,26	450..	16,4	16,1
138..	0,74	0,73	240..	2,80	2,83	460..	17,5	17,2
145..	0,820	0,822	260..	3,50	3,49	484..	20,2	19,9
150..	0,89	0,89	280..	4,30	4,26	500..	22,0	21,9
160..	1,02	1,03	300..	5,10	5,14	511..	24,0	23,3
162..	1,06	1,06	320..	6,20	6,14	560..	30,8	30,5
170..	1,20	1,19	340..	7,30	7,27	630..	43,0	43,1
173..	1,24	1,24	360..	8,50	8,54	710..	60,0	61,4

Les différences observation-calcul sont rarement importantes, et la marche parfois peu régulière de C observé (voir figure) fait comprendre que toute loi simple donnerait lieu à des divergences analogues.

On remarque, cependant, vers $\lambda = 0,420$, une série d'écarts peut-être systématiques; mais ils ne diffèrent pas assez des écarts visiblement accidentels pour qu'on puisse les interpréter, par une résonance faible par exemple.

Au-dessous de $\lambda = 0,100$, une résonance très aiguë semble exister, qui ne serait pas particulière au zinc; il est toutefois difficile d'être affirmatif, car le terme $\frac{\sigma}{\rho}$, qui, à la longueur d'onde 0,102, représente la moitié de $\frac{\mu}{\rho}$, devient alors tout à fait prépondérant, et il serait nécessaire de mieux connaître sa valeur

L'hypothèse d'une résonance atomique, qui paraît se vérifier pour un certain nombre d'éléments, a l'avantage d'entraîner, pour la loi de Bragg et Peirce l'adoption de l'exposant théorique 3, et conduit en même temps à une formule ayant une signification physique. La loi théorique se présente ainsi comme une loi limite, comportant un coefficient non pas constant, mais dépendant d'un phénomène de résonance.

J'ajouterai que cette manière de voir permettrait peut-être d'expliquer le fait inattendu découvert par M. H. S. Read (1) à savoir que le pouvoir absorbant d'un élément dépend de la température.

Dans une Note ultérieure, j'indiquerai les résultats analogues obtenus avec quelques autres corps simples.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Acétolyse de la mannocellulose : Obtention de nouveaux sucres, le tétramannoholoside et le pentamannoholoside.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Jules Labarre.**

Si l'on commence à entrevoir la constitution de la cellulose, on ne sait pour ainsi dire rien de précis touchant la constitution de la mannocellulose, substance de réserve contenue dans la graine de beaucoup de plantes, en particulier de *Phytelephas macrocarpa* ou ivoire végétal (2), dans le bois des Gymnospermes (3), etc. On ignore notamment, malgré quelques résultats obtenus par Pringsheim (4), puis par Pringsheim et Seifert (5), et enfin, plus récemment, par Patterson (6), le nombre et le mode d'association des molécules de mannose qui entrent dans la construction de la substance de réserve.

Nous avons pensé que la méthode utilisée il y a quelques années par l'un de nous, en collaboration avec Mlle S. Benoist (7), méthode qui avait permis

(1) *Phys. Rev.*, **27**, 1926, p. 373, et **28**, 1926, p. 898.

(2) Reiss, *Ber. d. Ges.*, **22**, 1889, p. 609; Em. Fischer et Hirschberger, *Ibid.*, p. 1155; Johnson, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 18, 1896, p. 214.

(3) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 1025, et *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **23**, 1900, p. 87.

(4) *Zeits. physiol. Chem.*, **80**, 1912, p. 376.

(5) *Ibid.*, **123**, 1922, p. 205.

(6) *Journ. chem. Soc.* (*Transact.*), **123**, 1923, p. 1139.

(7) Gabriel Bertrand et Mlle Benoist, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1583, et **177**, 1923, p. 85; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **33**, 1923, p. 1451, et **35**, 1924, p. 58.

d'obtenir un triglucoside nouveau, le procellose, à partir de la cellulose ordinaire, permettrait peut-être de jeter un peu de clarté sur ce difficile problème.

En conséquence, nous avons d'abord extrait une certaine quantité de mannocellulose de la sciure d'ivoire végétal ou corrozo, puis nous l'avons traitée par un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique dans des conditions telles que la dégradation de la matière première ne fût pas poussée jusqu'au terme ultime de mannose ([1]). Le produit de la réaction, jeté dans l'eau, laisse déposer un mélange de plusieurs glucides à l'état d'éthers acétiques. On saponifie ce mélange à froid par la potasse alcoolique : les glucides se précipitent sous la forme de combinaisons potassées que l'on dissout dans l'eau et que l'on traite par l'acide perchlorique, en présence d'un peu d'alcool, de manière à séparer d'une part le perchlorate de potassium insoluble, de l'autre une liqueur hydro-alcoolique que l'on concentre dans le vide jusqu'à consistance de sirop épais.

Ce sirop renferme surtout du mannose; mais, par une longue suite de fractionnements avec de l'alcool à divers titres, nous avons réussi à en retirer deux substances microcristallines, homogènes, présentant la composition et les propriétés de nouveaux sucres dont le premier serait formé par l'union de 4^{mol} de mannose avec élimination de 3^{mol} d'eau (formule : $C^{24}H^{42}O^{21}$) et le second par l'union de 5^{mol} du même hexose avec élimination de 4^{mol} d'eau (formule : $C^{30}H^{52}O^{26}$). En conformité avec la nouvelle nomenclature de chimie biologique ([2]), nous les appellerons dans la suite *tétramannoholoside* et *pentamannoholoside*. Voici la description sommaire de ces nouveaux sucres :

TÉTRAMANNOHOLOSIDE.	PENTAMANNOHOLOSIDE.
Solubilité.	
dans l'eau : très soluble	dans l'eau : très soluble
dans l'alcool à 95° : à peine soluble	dans l'alcool à 95° : à peine soluble
» à 75° : 0,20 °/₀ à + 20°	» à 75° : 0,06 °/₀ à + 20°
	» à 70° : 0,10 »
	» à 60° : 0,12 »
Point de fusion (au bloc Maquenne).	
vers + 278°-280°	vers + 298°-300°

([1]) Un Mémoire détaillé paraîtra ultérieurement.

([2]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 9, 1927, p. 939.

Pouvoir rotatoire.

$[\alpha]_D = -25°20'$ (en sol. aq. à 5 %) à $+20°$ sans mutarotation	$[\alpha]_D = -31°40'$ (en sol. aq. à 5 %) à $+20°$ sans mutarotation

Pouvoir réducteur.

environ 4 fois 1/2 plus faible que celui du mannose	environ 5 fois plus faible que celui du mannose

Hydrolyse acide (1 % de HCl à $t° = +100°$).

facile; le pouvoir réducteur passe de 1 à 4,3	facile; le pouvoir réducteur passe de 1 à 5

Composition élémentaire.

	Trouvé.	Calculé.		Trouvé.	Calculé.
Carbone..........	43,07	43,24	Carbone..........	43,42	43,47
Hydrogène........	6,55	6,30	Hydrogène........	6,50	6,28

Poids moléculaire (par cryoscopi).

trouvé : 668; calculé : 666	trouvé : 832; calculé : 828

Parabromophénylosazone.

Azote trouvé........	5,41 %	Azote trouvé........	4,71 %
Azote calculé.......	5,59 »	Azote calculé.......	4,81 »

Les deux mannoholosides que nous avons réussi à isoler ne sont pas les seuls corps engendrés par l'acétolyse de la mannocellulose : nous ne pouvons encore affirmer qu'il se forme à côté d'eux un dimannoholoside et un trimannoholoside, identiques à ceux ou voisins de ceux qui ont été entrevus par Pringsheim et Seifert (¹); les probabilités que nous avons à cet égard ne pourront être transformées en certitude que par de nouvelles expériences et, particulièrement, par la séparation des corps en nature, mais nous avons reconnu l'existence d'un mannoholoside ou de mannoholosides vraisemblablement plus complexes que les précédents : ce corps ou ces corps se trouvent dans la partie laissée à la fin des épuisements par l'alcool faible; ils ont un pouvoir réducteur inférieur à celui du pentamannoholoside et ce pouvoir augmente dans le rapport de plus de 1 à 7 par hydrolyse totale.

Les divers mannoholosides dont il est question dans cette Note ne peuvent être produits que par la dégradation progressive de la mannocellu-

(¹) *Loc. cit*

lose ou par l'association de plusieurs molécules de mannose sous l'influence des réactifs employés pour l'acétolyse. Si, comme cela est le plus probable, le premier de ces processus est le vrai, la mannocellulose du *Phytelephas* doit être considérée comme le résultat de l'association physiologique d'un nombre assez élevé de molécules de mannose, au moins égal à six et selon toute vraisemblance plus grand encore.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans les Hautes-Pyrénées, le Gers et la Haute-Garonne.* Note de M. E. **Mathias.**

Cette campagne magnétique, pour des raisons de service, a été faite en deux fois : fin juillet et août 1923 et pendant les vacances de Pâques 1924. Les mesures ont été faites en 37 stations : 9 sont des stations de Moureaux, 19 sont des stations autrefois visitées par moi, 12 sont des stations entièrement nouvelles et leurs noms sont donnés en italiques.

En général, la déclinaison D et la composante horizontale H sont données par deux barreaux; l'inclinaison I est donnée tantôt par deux barreaux, tantôt, quand le temps pressait, par la seule aiguille n° 1 qui est excellente. On a fait en tout 70 mesures de D, 75 mesures de H et 70 mesures de I; elles ont été faites avec les boussoles de voyage de l'École Normale supérieure comparées, avant et après, avec les instruments étalons de l'Observatoire magnétique du Val-Joyeux.

Le tableau suivant donne les mesures ramenées au 1er janvier 1922.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		Hautes-Pyrénées.		
1. Bagnères-de-Bigorre......	12°.13′,5	59°.45′,2	0,22312	Calme
2. *Castelnau-R.B*..........	12.22,2	60.18,0	0,22035	Id.
3. Pic-du-Midi, terrasse Est .	12.11,0	59.44,0	0,22333	Un peu agitée
4. *Pic-du-Midi, crête Est*....	12.11,3	59.41,0	0,22349	Presque calme
5. Sencours (Col de)........	12.13,0	59.36,9	0,22354	Calme
6. Toue (Cabanes de).......	12.13,7	59.36,9	0,22376	Id
7. Vidouze................	″	60.12,3	0,22074	Id

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		Gers.		
8. Condom	12°.16′,9	60°.39′,4	0,21866	Calme
9. *Eauze*	12.23,7	60.33,1	0,21901	Id
10. Fleurance	12.11,7	60.31,3	0,21923	Id.
11. Gimont	12. 6,2	60.15,0	0,22080	Un peu agitée
12. *Gondrin*	12 20,6	60.35,8	0,21909	Calme
13. Isle-Jourdan (L')	11.52,5	60.12,0	0,22078	Presque calme
14. Lectoure	12.12,3	60.39,2	0,21873	Calme
15. *Lombez*	11.58,7	60. 4,8	0,22135	Presque calme
16. *Masseube*	12. 6,6	60. 6,9	0,22150	Calme
17. Mauvezin	12. 4,0	60.23,1	0,21994	Id.
18. Mirande	12.14,6	60.13,2	0,22085	Id.
19. *Montréal*	12.21,0	60.40,9	0,21861	Id.
20. *Nogaro*	12.23,1	60.28,3	0,21953	Presque calme
21. Riscle	12.24,0	60.20,6	0,21988	Calme
22. *Roquelaure*	12.10,1	60.23,8	0,21998	Presque calme
23. Saint-Clar	12. 7,6	60.32,5	0,21899	Calme
		Haute-Garonne.		
24. *Avignoxet*	11.37,1	59.56,2	0,22224	Calme
25. Cadours	12. 1,8	60.22,1	0,22080	Id
26. *Caraman*	″	60. 7,0	0,22174	Presque calme
27. Carbonne	11.51,4	59.52,7	0,22270	Calme
28. Cazères	11.56,5	59.46,5	0,22290	Id.
29. Conseillère (La)	11.44,0	60.12,1	0.22055	Id.
30. Fronton	11.48,2	60.24,9	0,21994	Presque calme
31. Grenade	11.54,4	60.18,6	0.22026	Calme
32. *Lanta*	11.41,3	60. 6,0	0,22168	Presque calme
33. Launac	11.57,0	60.17,2	0,22007	Id.
34. Montesquieu-Volvestre	11.50,2	59.45,7	0,22326	Calme
35. Muret	″	60. 1,6	0,22162	Id.
36. Villefranche-de-Laur	11.36,9	60. 0,4	0,22198	Id.
37. Villemur	11.47,6	60.25,0	0,21995	Presque calme

Ces mesures, comparées aux mesures anciennes de Moureaux et de Mathias, donnent pour la variation séculaire de D, I, H, entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922, des différences remarquablement concordantes.

Pour la déclinaison, ces différences sont très voisines de — 2°55′ dans les trois départements étudiés; 3 seulement, sur 22, sont divergentes.

Les mesures de Moureaux, aux Cabanes de Toue, donnent — 2°38′,3; pour une raison inconnue, la déclinaison est trop faible d'une quinzaine de minutes. De plus, ses mesures 0,2187 et 0,2201 de la composante horizontale à Bagnères-de-Bigorre sont extraordinairement discordantes. En acceptant, comme il l'a fait, le nombre 0,2201, tiré des mesures de 1891, et en le rapprochant de ceux des Cabanes de Toue, du col de Sencours, de Campan, du Pic-du-Midi, on en tire une diminution de H grossièrement proportionnelle à l'altitude, dont le coefficient de variation est double de la valeur théorique, ce qui démontre *a posteriori* que 0,2201 est trop fort d'environ 5 unités du 4ᵉ ordre. Le nombre rectifié 0,2196 est sensiblement identique à la moyenne des deux valeurs divergentes 0,2137 et 0,2201.

M. **Camille Matignon** fait hommage à l'Académie de la notice qu'il vient de publier sous le titre *Souvenirs sur Marcelin Berthelot.*

M. **Joubin** présente le second fascicule de la *Faune de la Méditerranée*, dont il est le directeur et le collaborateur, publiée par la *Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée*. Cette faune est publiée par fiches illustrées, chaque espèce ayant sa fiche spéciale, comprenant la diagnose, la synonymie, la bibliographie, la distribution géographique.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie de l'ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Trempe*, *Recuit*, *Revenu*, *Traité théorique et pratique* : I. *Théorie*.

M. E. **Mathias** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *La Foudre. Ses différentes formes. — La matière fulminante.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de M. *Walcott* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 44,

Sir Ernest Rutherford obtient........... 42 suffrages
M. Ed. B. Wilson » .... 1 suffrage

Il y a 1 bulletin nul.

Sir **Ernest Rutherford**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M **Joseph Auclair**, par 39 suffrages contre 1 à M. *L. Barbillion*, est élu Correspondant pour la Section de Mécanique en remplacement de M. *Torres Quevedo* élu Associé étranger.

CORRESPONDANCE.

Le **Comité du Souvenir Wilfrid Kilian** et l'**Université de Grenoble** prient l'Académie de vouloir bien se faire représenter à la cérémonie de l'inauguration du *Monument Wilfrid Kilian*, le 8 janvier 1928, à l'Université de Grenoble.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Chimie appliquée aux corps organiques* vacante au Muséum national d'Histoire naturelle.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E.-A. Martel. *La France ignorée. Sud-Est de la France.*

2° E.-A. Martel. *Franz Schrader. Les Pyrénées.*

3° E.-A. Martel. *L'Aven Armand, Causse Mejean (Lozère).*

4° Lucie Randoin et Henri Simonnet. *Les données et les inconnues du problème alimentaire :* I. *Le problème de l'alimentation;* II. *La question des vitamines.*

5° Henri Bertrand. *Les Larves et Nymphes des Dytiscides, Hygrobiides et Haliplides.* (Présenté par M. L. Bouvier.)

6° Le premier fascicule de la *Revue de Pharmacologie et de Thérapeutique expérimentale.* (Présenté par M. Ch. Richet.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *L'arithmétique sur une courbe algébrique.* Note de M. **André Weil**, présentée par M. Hadamard.

Soit k un corps de nombres, algébrique et fini. J'étudie une courbe algébrique C, donnée par une équation dont les coefficients sont des nombres de k. L'on a le théorème suivant, que je nomme *théorème de décomposition :*

I. *A tout couple de points* A, M *sur* C, *à coordonnées algébriques* a, b *et* x, y, *il est possible de faire correspondre un idéal* $\omega(A, M)$ *du corps* $k(x, y, a, b)$, *de telle sorte que, si* $f(M)$ *est une fonction rationnelle, à coefficients algébriques, des coordonnées de* M, *si* $A_1, A_2, \ldots, A_n$ *sont ses pôles,* $B_1, B_2, \ldots, B_n$ *ses zéros, et si* M *est un point à coordonnées algébriques sur* C, $f(M)$ *se décompose en facteurs idéaux par la formule*

$$f(M)=\frac{\lambda\omega(B_1, M)\omega(B_2, M). \ldots . \omega(B_n, M)}{\mu\omega(A_1, M)\omega(A_2, M). \ldots . \omega(A_n, M)},$$

λ *et* μ, *ainsi que le p. g. c. d. du numérateur et du dénominateur du second membre, divisant des entiers indépendants de* M, *et dépendant seulement du choix de* f.

Pour démontrer ce théorème, j'introduis la notion nouvelle de *distribution* sur une courbe C : K désignant un surcorps quelconque de k, j'appelle distribution sur C une fonction de point, définie en tous les points de C à coordonnées algébriques sauf au plus un nombre fini d'exceptions, et qui à chaque point M, de coordonnées x, y, où elle est définie, fait correspondre un idéal entier du corps $K(x, y)$, de telle sorte qu'à des points conjugués par rapport à K correspondent des idéaux conjugués par rapport à K. On peut former le produit et le p. g. c. d. de deux ou plusieurs distributions.

Deux distributions $\mathbf{d}$, $\mathbf{d}'$ sont dites équivalentes, et l'on écrit $\mathbf{d}\sim\mathbf{d}'$, s'il y a deux entiers fixes a, a', tels qu'en tout point où $\mathbf{d}$, $\mathbf{d}'$ sont définies, les valeurs de $a.\mathbf{d}$ et $a'.\mathbf{d}'$ soient respectivement divisibles par celles de $\mathbf{d}'$ et $\mathbf{d}$. La relation d'équivalence est symétrique et transitive; on peut multiplier

des équivalences membre à membre, et prendre leur p. g. c. d. membre à membre. Une distribution est dite divisible par une autre si elle est équivalente au produit de celle-ci par une troisième.

Soit $f(M)$ une fonction rationnelle des coordonnées de M, dont les coefficients appartiennent à un surcorps K de k. Si M est à coordonnées algébriques x, y, $f(M)$ définira un idéal principal fractionnaire dans $K(x, y)$: soit $\sigma(M)$ le dénominateur de cet idéal réduit à sa plus simple expression; si M est pôle de f, nous prendrons $\sigma(M) = 0$; si M est un zéro de f, $\sigma(M)$ sera indéterminé; σ est alors une distribution sur C, que nous dirons *engendrée par* f, et que nous noterons $[f]$.

Le théorème I résulte alors du suivant :

II. *Il est possible de faire correspondre à tout point* A *sur* C, *à coordonnées algébriques, une distribution* $\mathbf{d}_A$, *définie en tout point à coordonnées algébriques, de telle sorte que le p. g. c. d. de* $\mathbf{d}_A$ *et* $\mathbf{d}_B$ *soit* ~ 1 *si* $A \neq B$, *et que l'on ait, si* f *est une fonction de pôles* $A_1, A_2, \ldots, A_n$:

$$[f] \sim \mathbf{d}_{A_1} . \mathbf{d}_{A_2} . \ldots \mathbf{d}_{A_n}.$$

A une équivalence près, $\mathbf{d}_A$ *est parfaitement déterminée par la donnée de* C *et* A.

Car l'on aura de même, en reprenant les notations du théorème I :

$$\left[\frac{1}{f}\right] \sim \mathbf{d}_{B_1} . \mathbf{d}_{B_2} . \ldots \mathbf{d}_{B_n}$$

d'où résulte le théorème I en appelant $\omega(A, M)$ l'idéal que $\mathbf{d}_A$ fait correspondre à M, et en se reportant à la définition de l'équivalence.

Pour démontrer le théorème II, on montre d'abord que si une fonction g n'a d'autres pôles que ceux de f, avec des multiplicités au plus égales, $[f]$ est divisible par $[g]$. C'est ce qu'on voit en écrivant l'équation qui relie f et g, équation qui, si elle est de degré m, contient effectivement un terme en g^m. On montre ensuite, par un procédé analogue, que si f et g n'ont pas de pôle commun, le p. g. c. d. de $[f]$ et $[g]$ est ~ 1. De là on déduit que, si la fonction h a parmi ses pôles tous les pôles communs à f et g, $[h]$ est divisible par le p. g. c. d. de $[f]$ et $[g]$, d'où l'on tire aisément le théorème II.

Avec des modifications convenables, les théorèmes précédents peuvent être étendus aux fonctions de point sur les variétés algébriques à un nombre quelconque de dimensions. La méthode de démonstration subsiste aussi dans ses grandes lignes, malgré quelques complications dues essentiellement à la présence de points d'indétermination pour les fonctions de plusieurs variables.

L'utilité du théorème de décomposition consiste en ce qu'il permet de traduire arithmétiquement des résultats algébriques, et constitue par suite, comme je le ferai voir ultérieurement, un outil précieux dans l'étude des équations diophantiennes les plus générales.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les déplacements projectifs de deux faisceaux plans à droite commune.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. J'ai déjà étudié (¹) les déplacements projectifs d'une quadrique dont chaque demi-quadrique admet deux génératrices pour caractéristiques. Je vais maintenant considérer le cas particulier où chacune des deux demi-quadriques est dégénérée en deux faisceaux plans à droite commune ou, comme je dirai pour abréger, en un « doublet ».

2. Considérons deux doublets D et D_1 ayant deux génératrices communes. Désignons par m et n, m_1 et n_1 les sommets, par M et N, M_1 et N_1 les faisceaux, par $[mm_1]$ et $[nn_1]$ les génératrices communes. Les deux doublets complémentaires D′ et D'_1 auront, eux aussi, deux génératrices communes, à savoir $[mn_1]$ et $nm_1]$.

Considérons maintenant un doublet mobile qui coïncide successivement avec les doublets fixes infiniment voisins D, D_1, D_2, ... tels que D et D_1 ont en commun $[mm_1]$ et $[nn_1]$, que D_1 et D_2 ont en commun $[m_1m_2]$ et $[n_1n_2]$.... Le faisceau M_1 contient m, m_1, m_2 et $[m_1n_1]$; par suite la courbe (m) engendrée par m est une ligne asymptotique de la surface réglée (s) engendrée par l'arête $s=[mn]$; de même (n) est une asymptotique de (s). Remarquons de plus que les deux doublets D′ et D'_1 ont en commun les droites $[mn_1]$ et $[nm_1]$ qui sont infiniment voisines de $[mn]$; la caractéristique de D′ comprend donc deux génératrices confondues avec s.

3. Les deux doublets D et D_1 sont situés dans une même congruence linéaire spéciale qui a pour directrices infiniment voisines $[mn_1]$ et $[nm_1]$. Il est facile de voir que les droites des trois doublets D_1, D_2, D_3 sont situées dans un même complexe linéaire. En effet, le complexe linéaire γ défini par les cinq droites $[mm_1]$, $[nn_1]$, $[m_1n_1]$, $[m_2n_2]$, $[m_3n_3]$ contient d'une part $[m_1m_2]$, $[m_2m_3]$, $[m_3m_4]$ et d'autre part $[n_1n_2]$, $[n_2n_3]$, $[n_3n_4]$; par suite il

(¹) Paul Mentré, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 462.

contient les six faisceaux des doublets D_1, D_2, D_3. Puisque γ contient trois doublets consécutifs, il sera osculateur à la famille de droites engendrée par D, famille qui se décompose en deux congruences admettant pour courbes focales doubles respectives (m) et (n). Deux complexes γ infiniment voisins définis par D, D_1, D_2 et par D_1, D_2, D_3 auront en commun D_1 et D_2.

La caractéristique de γ est donc la congruence linéaire *spéciale* définie par deux doublets D successifs; par suite ([1]) le complexe γ enveloppe un complexe dont les quatre foyers inflexionnels sont confondus. Je viens donc de démontrer géométriquement le mode général de génération des complexes à foyer inflexionnel quadruple, que j'ai déjà obtenu ([2]) grâce au calcul extérieur de M. Cartan.

4. Associons à la famille des complexes γ la famille des complexes linéaires γ' définies dans une Note antérieure ([3]). Le complexe γ', s'il n'est pas fixe, admettra une congruence linéaire caractéristique dont les directrices seront les tangentes $[mm_1]$ et $[nn_1]$; à (m) et (n); d'ailleurs la demi-quadrique sous-caractéristique sera dégénérée dans le doublet D'. Donc γ' enveloppe un complexe à deux foyers inflexionnels doubles et reste osculateur à la famille de droites engendrée par D', famille qui se décompose en deux congruences dont la première admet pour nappes focales la courbe (m) et la surface développable formée par les tangentes à (n) tandis que la seconde admet pour nappes focales la courbe (n) et la surface développable formée par les tangentes à (m). Nous retrouvons ainsi géométriquement un des résultats de ma Note sur les congruences non W qui admettent un complexe osculateur non spécial ([4]).

5. *En résumé :* Lorsqu'une demi-quadrique dégénérée en un doublet D se déplace dans l'espace projectif de manière à avoir pour caractéristique deux génératrices distinctes, ce doublet engendre en général deux congruences qui admettent une même famille à un paramètre de complexes linéaires γ dont l'enveloppe est un complexe à foyer inflexionnel quadruple. Les deux congruences admettent d'ailleurs des courbes focales doubles (m) et (n) qui sont deux lignes asymptotiques de la surface réglée engendrée par l'arête $[mn]$ de D.

Le doublet D', complémentaire de D, a une caractéristique formée de deux génératrices confondues; ce doublet engendre en général deux

---

(1) Paul Mentré, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 941.

(2) *Ibid.*, 178, 1924, p. 290.

(3) *Ibid.*, 183, 1926, p. 724.

(4) *Ibid.*, 180, 1925, p. 1385.

congruences qui admettent une même famille de complexes linéaires osculateurs γ' dont l'enveloppe est un complexe à deux foyers inflexionnels doubles. Les deux congruences admettent d'ailleurs pour nappes focales distinctes respectivement la courbe (m) et la surface des tangentes à (n), la courbe (n) et la surface des tangentes à (m).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations* $s = f(x, y, z, p, q)$ *qui sont de la première classe*. Note de M. **Lainé**, présentée par M. Goursat.

1. Je dirai qu'une équation

$$(1) \qquad s = f(x, y, z, p, q)$$

est de genre n pour le système de caractéristiques (X), par exemple, si elle admet pour ce système un invariant d'ordre n sans admettre aucun invariant d'ordre inférieur à n.

Les équations (1) de la première classe qui sont linéaires en p et q ont été déterminées par M. Gau [1]; elles comprennent en particulier celles qui sont de genre 1 pour chaque système de caractéristiques.

Les équations (1) qui sont de genre 2 au plus pour chaque système de caractéristiques ont été déterminées par M. Goursat [2].

Les autres équations (1) qui sont de la première classe peuvent dès lors, si l'on se borne aux cas essentiellement distincts, être réparties en trois familles :

Famille A : les équations qui sont de genre 1 pour le système (Y) et de genre $n \geqq 3$ pour le système (X).

Famille B : les équations qui sont de genre 2 pour le système (X) et de genre $n \geqq 3$ pour le système (Y).

Famille C : les équations qui sont de genre $n \geqq 3$ pour chaque système.

2. Les équations (1) de la première classe qui ont un invariant d'ordre 1 pour le système (Y) se ramènent par des transformations ponctuelles à l'une des formes

$$(\alpha) \qquad s = f(x, y, q),$$

$$(\beta) \qquad s = p f(y, z, q),$$

$$(\gamma) \qquad s = p\rho(x, y, z, q) + \frac{\partial g}{\partial x} \quad \text{avec} \quad q = \rho z + g(x, y, \rho).$$

(1) *Thèse de Doctorat* (Gauthier-Villars, 1911), et *Annales F. S. Grenoble*, **25**, 1913, p. 95-107.

(2) *Annales Faculté Sciences Toulouse*, 2e série, **1**, 1899, p. 31-78 et 439-464.

Les équations (α) et (β) de la première classe ont été déterminées par M. Gosse ([1]). J'ai déterminé de mon côté les équations (γ) qui sont de la première classe; on les obtient en posant

$$g = u_1(\rho, y)\, v_1(x) + u_2(\rho, y)\, v_2(x) + \ldots + u_n(\rho, y)\, v_n(x),$$

les fonctions u_i étant linéairement distinctes ainsi que les fonctions v_i : leur intégrale générale est donnée par la formule

$$z = \frac{X(x)}{Y} + \frac{v_1(x)}{Y} \int u_1\left(-\frac{Y'}{Y}, y\right) Y\, dy + \ldots + \frac{v_n(x)}{Y} \int u_n\left(-\frac{Y'}{Y}, y\right) Y\, dy,$$

où X et Y désignent des fonctions arbitraires.

On connaît donc maintenant toutes les équations de la famille A.

3. En ce qui concerne la famille B, j'ai obtenu les résultats suivants :

Si $\frac{\partial^2 f}{\partial q^2} = 0$, les équations (1) qui sont de genre 2 pour le système (X) se ramènent, quand elles sont de la première classe, *ce qui n'a pas toujours lieu*, à des équations déjà obtenues, par une transformation ponctuelle.

Si $\frac{\partial^2 f}{\partial q^2} \neq 0$, les équations (1) qui sont de genre 2 pour le système (X) *sont toujours de la première classe*. Elles se ramènent, par une transformation ponctuelle, à l'une des équations

$$(\mathrm{E}_1) \qquad s = p\left(\frac{q + q^{\frac{1}{2}}}{z - y} + \frac{q}{z - x}\right),$$

$$(\mathrm{E}_2) \quad s = \left\{ 2[(z + X)^2 + p] + 2(z + X)[(z + X)^2 + p]^{\frac{1}{2}} \right\} \left\{ \frac{q + q^{\frac{1}{2}}}{z - y} - q[(z + X)^2 + p]^{-\frac{1}{2}} \right\},$$

dont la seconde contient une fonction arbitraire X de la variable x. J'ai déjà signalé dans diverses Notes ([2]) l'équation (E_1); elle est de genre 2 pour le système (X) et de genre 3 pour le système (Y). Il en de même de l'équation (E_2); de plus, particularité assez remarquable, ces deux équations si différentes de forme, et qu'on ne peut visiblement ramener l'une à l'autre par une transformation de contact, ont toutes deux, pour le système (Y), le même invariant d'ordre 3 :

$$\frac{q_3 - \dfrac{q_2^2}{2q} - q_2 \dfrac{1 + 5q^{\frac{1}{2}} + 4q}{z - y} - \dfrac{2q + 2q^{\frac{3}{2}} - 6q^2 - 10q^{\frac{5}{2}} - 4q^3}{(z - y)^2}}{q_2 - 2\dfrac{q + 2q^{\frac{3}{2}} + q^2}{z - y}}.$$

([1]) *Annales Faculté Sciences Toulouse*, 3e série, **16**, 1924, p. 224-240.

([2]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1127-1455; **183**, 1926, p. 1254.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le développement d'une transmutation linéaire en séries de puissances de la différentiation finie.* Note de M. **Paul Flamant**, présentée par M. Émile Borel.

I. Soit L une transmutation linéaire dégénérée du premier genre, c'est-à-dire attribuant un résultat identiquement nul à certains objets non identiquement nuls. Soit $\lambda_0(x, a)$, $\lambda_1(x, a)$, ..., $\lambda_n(x, a)$, ... une suite de fonctions satisfaisant aux conditions

$$L\lambda_0(x, a) = 0 \qquad [\lambda_0(a, a) = 1],$$
$$L\lambda_n(x, a) = \lambda_{n-1}(x, a) \qquad [\lambda_n(a, a) = 0, \quad \text{pour } n \geqq 1].$$

Les développements de la forme

$$(1) \qquad \varphi(x) = a_0\lambda_0(x, a) + a_1\lambda_1(x, a) + \ldots + a_n\lambda_n(x, a) + \ldots,$$

déjà considérés par C. Bourlet dans le cas particulier $a = 0$ (1), sont pour L ce que les séries de Taylor sont pour la dérivation. On voit en effet, en faisant $x = a$ dans le développement (1) et ceux qui s'en déduisent par l'application réitérée de L, que les coefficients sont les valeurs pour $x = a$ de $\varphi(x)$, $L\varphi(x)$, ..., $L^n\varphi(x)$, ...

L'application terme à terme au développement (1) d'une transmutation linéaire T donne, en posant

$$T\lambda_n(x, a) = \theta_n(x, a),$$
$$(2) \qquad T\varphi(x) = a_0\theta_0(x, a) + a_1\theta_1(x, a) + \ldots + a_n\theta_n(x, a) + \ldots.$$

Pour $a = x$ on obtient, en tenant compte des valeurs des a_n,

$$(3) \quad T\varphi(x) = \theta_0(x, x)\varphi(x) + \theta_1(x, x)L\varphi(x) + \ldots + \theta_n(x, x)L^n\varphi(x) + \ldots,$$

ce qui peut s'écrire symboliquement

$$(4) \qquad T = M_{\theta_0(x, x)} + M_{\theta_1(x, x)}L + \ldots + M_{\theta_n(x, x)}L^n + \ldots,$$

T se trouve ainsi représentée par une série entière en L dont les coefficients sont des multiplications.

La légitimité des opérations précédentes nécessite une étude particulière à chaque transmutation L, analogue à celle que j'ai faite pour la

(1) *Annales de l'École Normale*, 3e série, 16, 1899, p. 365.

dérivation [1]. La transmutation T étant déterminée par la donnée des $\xi_n(x) = \mathrm{T}x_n$, et un étalonnage des résultats étant choisi, on peut définir un étalonnage des objets tel que T soit continu [2]. La question primordiale est alors de déterminer des conditions suffisantes pour qu'une fonction $\varphi(x)$ admette des développements (1) convergents suivant cet étalonnage des objets.

II. J'ai fait cette étude pour la différentiation finie

$$\Delta_h \varphi(x) = \varphi(x+h) - \varphi(x)$$

en supposant h quelconque (complexe), et en ne considérant par suite que des fonctions entières. On peut prendre pour (1) la série de Newton

$$(5)\quad \varphi(x) = a_0 + a_1 \frac{x-a}{1.h} + \ldots + a_n \frac{(x-a)(x-a-h)\ldots[x-a-(n-1)h]}{n!\,h^n} + \ldots,$$

qui ne converge, comme on sait, que pour les fonctions entières appartenant à un type de croissance e^{ar}. On se restreint donc pour les objets aux étalonnages définis par des types de croissance $t(r)$ tels que $\log t(r) : r$ ait pour r infini une limite supérieure infinie l.

Les points du domaine d'existence des résultats d'une transmutation T se répartissent en trois catégories. La formule analogue à (3)

$$(6)\quad \mathrm{T}\varphi(x) = \beta_0(x)\,\varphi(x) + \frac{1}{1h}\beta_1(x)\,\Delta_h\varphi(x) + \ldots + \frac{1}{n!\,h^n}\beta_n(x, h)\,\Delta_h^n\varphi(x) + \ldots$$

s'applique en un point de la première catégorie à toutes les fonctions envisagées, et en un point de la deuxième à toutes les fonctions appartenant à un type de croissance pour lequel $l = 0$. Tout point x des deux dernières catégories permet d'associer à chaque type $t(r)$ considérée et à chaque valeur de $|h|$ un nombre q_x tel que (6) valable en soit ce point pour toute fonction entière appartenant à un type $t(rs)$, $s < q_x$. Si x est de la deuxième catégorie, $q_x = +\infty$ quand $l = 0$ (1er énoncé), et $q_x > 0$ pour $l > 0$. Si x est de la troisième catégorie, q_x peut être nul, fini ou infini, mais il existe des $t(r)$ pour lesquels il est fini et non nul.

III. Les $\beta_n(x, h)$ étant déterminées par la transmutation T, on peut aussi étudier directement la convergence de la série (6) en se limitant aux types de croissance tels que $t'(r) : t(r)$ décroisse. On arrive à des conclusions analogues; mais, contrairement à ce qui a lieu pour les séries de puissances

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 432.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 590.

de la dérivation, le même point peut se ranger dans deux catégories différentes suivant le point de vue adopté. Par exemple, dans le développement de la dérivation

$$(7) \qquad D = \frac{1}{1h}\Delta_h - \frac{1}{2h}\Delta_h^2 + \ldots + \frac{(-1)^{n-1}}{nh}\Delta_n^h + \ldots,$$

tous les points du plan sont de la même catégorie, la première dans la première étude et la deuxième dans la seconde. On remarquera que, au point de vue formel, (7) est l'inverse du développement de Δ_h par rapport à D (série de Taylor) :

$$\Delta_h = \frac{h}{1}D + \frac{h^2}{2!}D^2 + \ldots + \frac{h^n}{n!}D^n + \ldots.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes normales du groupe des translations*. Note de M. **J. Favard**, présentée par M. J. Hadamard.

Nous dirons d'une fonction $f(z)$ méromorphe que c'est une fonction normale du groupe des translations si, de toute suite infinie,

$$f(z+z_1), \quad f(z+z_2), \quad \ldots, \quad f(z+z_n), \quad \ldots,$$

où $z_1, z_2, \ldots, z_n, \ldots$ désignent des nombres complexes quelconques, on peut extraire une autre suite qui converge uniformément ([1]) dans tout le plan vers une fonction limite qui n'est pas une constante.

Ce que nous nous proposons de faire ici c'est de caractériser ces fonctions dont l'ordre ne surpasse pas 2 ainsi que l'a prouvé M. Julia ([1]); nous démontrerons le théorème suivant :

Toute fonction normale méromorphe du groupe des translations est une fonction presque périodique et réciproquement.

D'après une définition de M. Bessonoff ([2]) on dit qu'une fonction méromorphe est presque périodique si à tout couple de nombres positifs ε et ρ correspond une longueur $l(\varepsilon, \rho)$ telle que chaque carré de côté l parallèle à l'axe réel contienne au moins une presque période $\tau(\varepsilon, \rho)$ telle que

$$|f(z+\tau) - f(z)| \leqq \varepsilon,$$

([1]) Julia, *Leçons sur les fonctions uniformes à point singulier essentiel isolé.*

([2]) *Sur les fonctions presque périodiques d'une variable complexe définies dans tout le plan* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1011).

pour toutes les valeurs de z situées dans le domaine $D(\varepsilon, \rho)$ comprenant les points extérieurs aux cercles de rayons ρ ayant les pôles de $f(z+\tau)$ et de $f(z)$ pour centres.

1° Si la fonction $f(z)$ méromorphe normale du groupe des translations n'était pas presque périodique on pourrait, pour ε, ρ donnés, déterminer des carrés $C_1, C_2, \ldots, C_n, \ldots$ de côtés parallèles à l'axe réel dont les longueurs $l_1, l_2, \ldots, l_n, \ldots$ croissent indéfiniment avec l'indice et où ne se trouve aucune presque période $\tau(\varepsilon, \rho)$. Prenons z_1 quelconque et z_2 tel que $z_2 - z_1$ soit dans le carré $C_{\alpha_1} = C_1$; puis choisissons un carré C_{α_2} tel que

$$l_{\alpha_2} > \max \{ |\mathcal{R}(z_2 - z_1)|, \ |\mathcal{I}(z_2 - z_1)| \},$$

et déterminons z_3 tel que $z_3 - z_1$ et $z_3 - z_2$ soient dans C_{α_2}. En général nous choisirons C_{ν_n} de façon que

$$l_{\nu_n} > \operatorname*{Max}_{1 \leqq \mu < \pi \leqq n} \{ |\mathcal{R}(z_\mu - z_\pi)|, \ |\mathcal{I}(z_\mu - z_\pi)| \},$$

et z_{n+1} tel que $z_{n+2} - z_m$ $(m = 1, 2, \ldots, n)$ soit dans C_{ν_n} et ainsi de suite.

En considérant alors la suite

$$f(z+z_1), \quad f(z+z_2), \quad \ldots, \quad f(z+z_n), \quad \ldots,$$

il est visible qu'on ne peut en extraire une autre suite uniformément convergente car en dehors des cercles de rayon ρ ayant pour centres les pôles des fonctions $f(z+z_{n_1})$ et $f(z+z_{n_2})$ on a

$$\text{borne sup.} |f(z+z_{n_1}) - f(z+z_{n_2})| > \varepsilon.$$

2° Nous dirons qu'une suite de fonctions $\varphi_1(z), \ldots, \varphi_n(z), \ldots$ converge uniformément à ε près vers une limite $\varphi(z)$ dans un certain domaine si, à partir d'une certaine valeur de n, borne sup. $|\varphi_n(z) - \varphi(z)|$ est aussi voisin de ε que l'on veut.

Soit maintenant $f(z)$ une fonction presque périodique; elle est bornée et uniformément continue dans $D(\varepsilon, \rho)$ correspondant à $f(z)$ et à $f(z+\tau)$ et l'on démontre que $\frac{1}{f(z)}$ est également une fonction presque périodique. Considérons une suite

$$f(z+z_1), \quad f(z+z_2), \quad \ldots, \quad f(z+z_n), \quad \ldots.$$

A chaque z_n on peut faire correspondre un ζ_n

$$[0 \leqq \mathcal{R}(\zeta_n) < l(\varepsilon, \rho), \quad 0 \leqq \mathcal{I}(z_n) < l(\varepsilon, \rho)]$$

telle que

$$|f(z+z_n)-f(z+\zeta_n)|\leqq\varepsilon,$$

dans $D(\varepsilon, \rho, z_n, \zeta_n)$. Or les ζ_n sont un point limite, on peut extraire de la suite donnée une suite qui converge uniformément à ε près vers une limite dans un domaine facile à définir. Il suffit alors d'appliquer le procédé des extractions successives à la suite donnée puis à la suite des inverses des fonctions pour obtenir une suite dont la convergence est assurée dans tout le plan.

Ce théorème rend immédiats la plupart des résultats de M. Bessonoff; en particulier toute fonction entière presque périodique se réduit à une constante, proposition dont on déduit immédiatement l'inexistence de valeur exceptionnelle.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la théorie des fonctions entières d'ordre fini.* Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Émile Borel.

1. M. G. Valiron a montré qu'une fonction $g(u)$ holomorphe dans le cercle unité, et n'y prenant pas les valeurs zéro et un, vérifie l'inégalité

$$\log|g(u)|>\frac{3}{1-|u|}\log|g(0)| \tag{1}$$

dès que $|g(0)|$ dépasse une constante absolue [1].

Soit $f(z)$ une fonction holomorphe et d'ordre ρ dans un angle (A) d'ouverture $\frac{\pi}{\rho-\alpha}$ (α étant positif). Désignons par $\varepsilon(r)$ une fonction décroissante de r, mais de façon que $\varepsilon(r)\log r$ reste supérieure à une constante positive, et telle que les inégalités

$$r^{\rho-\varepsilon(r)}<\log|f(z)|<r^{\rho+\varepsilon(r)}$$

soient vérifiées, la limite supérieure en tout point z de module r intérieur à tout angle (B) intérieur à (A), la limite inférieure pour une suite de points A_n d'affixes z_n et de modules r_n tendant vers l'infini dans (B).

En opérant la transformation conforme de l'angle (A) sur le cercle $|u|=1$, et en appliquant l'inégalité (1), on constate que la *fonction $f(z)$ prend*

(1) G. Valiron, *Compléments au théorème de Picard-Julia* (*Bull. des Sc. math.*, 51, 1927, p. 167-183).

nécessairement la valeur zéro ou un en un point M_n *intérieur à l'angle* (A) *et à la couronne :*

$$r_n^{1-C_n\frac{\varepsilon(r_n)}{\alpha}} < |z| < r_n^{1+C_n\frac{\varepsilon(r_n)}{\alpha}};$$

C_n est une constante finie ne dépendant que de l'argument de z_n.

2. En enchaînant A_n à M_n par une suite de cercles (γ_k) dont les centres ont pour modules r_k et dont les rayons ont pour valeurs βr_k, et en appliquant l'inégalité (1), on constate qu'il existe un cercle (γ_k) en lequel le minimum de $\log|f(z)|$ est négatif ou nul, tandis que le maximum est supérieur à

$$r_n^{\rho-\left(1+\frac{C_n}{\alpha\rho}\right)\varepsilon(r_n)}.$$

Le cercle concentrique à (γ_k) et de rayon double est un *cercle de remplissage*, dans lequel la fonction $f(z)$ possède des propriétés quantitatives faciles à déduire des résultats précédents, une fois précisée la relation entre β et r_n [1].

3. Bornons-nous ici au point de vue qualificatif :

Si une fonction $f(z)$ est holomorphe et d'ordre ρ dans un angle d'ouverture supérieure à $\frac{\pi}{\rho}$, il existe, à l'intérieur de cet angle, au moins une demi-droite de Julia.

Cet important théorème a déjà été établi, dans le cas le plus général d'une fonction méromorphe, par M. G. Valiron [2], qui l'a déduit de l'étude de la fonction $T(r)$ de M. R. Nevanlinna.

4. Voici quelques conséquences de ce théorème :

Soit Ω le plus petit angle contenant, côtés compris, toutes les demi-droites de Julia d'une fonction entière $f(z)$ d'ordre fini ρ supérieur à $\frac{1}{2}$.

I. *L'ouverture de l'angle Ω est au moins égale au plus petit des nombres* $\frac{\pi}{\rho}$, $2\pi-\frac{\pi}{\rho}$.

Dans les propositions qui suivent, l'ordre ρ est supérieur à un.

---

(1) Après avoir communiqué ces résultats à M. Valiron, j'ai appris que cet auteur avait employé une méthode analogue dans un Mémoire qui doit paraître prochainement sous le titre : *Le théorème de M. Picard et le complément de M. Julia.* Les résultats quantitatifs présentent certaines analogies.

(2) G. VALIRON, *Sur une propriété des fonctions méromorphes d'ordre positif* (*Bull. des Sc. math.*, 50, 1926, p. 168-174).

II. *Si l'ouverture de* Ω *est égale à* $\frac{\rho}{\pi}$, *la fonction* $f(z)$ *est à croissance régulière au sens de M. Borel.*

III. *Si l'ouverture est inférieure à* $2\pi - \frac{\pi}{\rho}$, *il existe au moins deux demi-droites de Julia, telles que l'exposant de convergence des racines de l'équation* $f(z) - a = 0$, *s'éloignant dans la direction de chacune d'elles, est égal à* ρ, *sauf pour une valeur au plus de* a.

IV. *Si la fonction* $f(z)$ *n'a que deux demi-droites de Julia, elles font entre elles l'angle* $\frac{\pi}{\rho}$.

Les propositions I et IV se déduisent de l'existence d'un angle $\widehat{AOB}$ d'ouverture $\frac{\rho}{\pi}$, tel que sur toute demi-droite intérieure à cet angle la fonction $f(z)$ est d'ordre ρ [1].

La proposition I présise un théorème bien connu, dû à M. Bierbebach.

Dans le cas de la proposition II, les angles Ω et $\widehat{AOB}$ coïncident. Prenons leur bissectrice comme axe réel et positif. La fonction $f(z)$ est d'ordre au plus égal à $\frac{\rho}{2\rho - 1}$ dans l'angle $\widehat{BOA}$, et la fonction

$$\varphi(z) = f(z)\, e^{-z^{\rho - 2\varepsilon}}$$

tend vers zéro sur des demi-droites OA' et OB' voisines de OA et OB, tandis qu'elle est d'ordre ρ dans l'angle $\widehat{AOB}$. Les points où $|\varphi(z)|$ est supérieure à une constante comprennent un domaine ouvert s'étendant à l'infini dans l'angle $\widehat{A'OB'}$.

Enfin, la proposition III se déduit d'un théorème de M. R. Nevanlinna [2]. Par suite de l'hypothèse, il existe un angle $\widehat{A_1BO_1}$ d'ouverture supérieure à $\frac{\pi}{\rho}$, dans lequel la fonction $f(z)$ est d'ordre inférieur à ρ, tandis qu'elle est d'ordre ρ dans tout angle plus grand. Les demi-droites OA_1 et OB_1 vérifient les propriétés précisées dans l'énoncé III.

---

(1) H. Milloux, *Le théorème de M. Picard* (*J. de Math.*, 9e série, 2, 1924, p. 345-401).

(2) Rolf Nevanlinna, *Untersuchungen über der Picard'schen Satz* (*Acta Societatis Sc. Fennicæ*, 50, VI, 1924, p. 1-42).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés des fonctions entières.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous considérons d'abord une fonction entière $f(x)$ d'ordre fini ρ, à croissance régulière au sens de M. Borel, c'est-à-dire telle que, $M(r, f)$ désignant le maximum de $|f(re^{iu})|$, $(0 < u \leqq 2\pi)$, on ait

$$\lim_{r=\infty} \frac{\log \log M(r, f)}{\log r} = \rho. \tag{1}$$

Lorsque ρ est inférieur à $\frac{1}{2}$, le théorème de M. Wiman se complète de la façon suivante. *Le nombre positif arbitrairement petit ε étant donné, il existe une suite infinie de circonférences*

$$|z| = R_n, \qquad \lim_{n=\infty} \frac{\log R_{n+1}}{\log R_n} = 1, \tag{2}$$

sur laquelle

$$\log |f(z)| > R_n^{\rho-\varepsilon}. \tag{3}$$

On le voit en utilisant la démonstration même de M. Wiman, au moyen de l'intégrale de Laplace (¹). En suivant le processus que j'ai employé ailleurs, on complète de la façon suivante la généralisation (²) de ce théorème au cas de l'ordre supérieur ou égal à $\frac{1}{2}$:

Si $f(z)$ est d'ordre ρ et à croissance régulière, si petit que soit le nombre positif ε, il existe une suite infinie de circonférences (2) *sur lesquelles l'inégalité* (3) *a lieu en des points formant des arcs dont la somme des mesures augulaires est au moins $\frac{2\pi}{q}$, q étant le premier entier supérieur à 2ρ.*

Lorsqu'on remplace la condition de régularité (1) par d'autres plus serrées, les résultats se précisent de la même façon que ceux de M. Lindelöf relatifs aux modules des coefficients. Par exemple, si

$$\log M(r, f) = h r \rho,$$

h étant compris entre deux nombres positifs fixes, on aura sur les circonfé-

---

(¹) *Arkiv för Mat., Astr. och Fysik*, 2, XIV, 1905, p. 1-5.
(²) *Annales de l'École Normale*, 3ᵉ série, 39, 1922, p. 317-349.

rences $|z| = R_n$

$$\log|f(z)| > KR_n^\rho \qquad (K > 0),$$

mais ici R_{n+1} *est inférieur à* $K'R_n$, K' *étant fixe.*

2. En appliquant cette propriété aux fonctions considérées par M. Milloux dans le n° 4 de la Note qui précède celle-ci, on voit que les arcs de cercles (2) sur lesquels on a l'inégalité (3) ont des points à l'intérieur de l'angle d'ouverture $\frac{\pi}{\rho}$. En cheminant à partir de tels points vers la bissectrice de l'angle, puis vers l'origine, on ne rencontre pas de cercles de remplissage. Si à partir d'un point de départ sur $|z| = R_{n+1}$, on opère jusqu'aux points de module R_n, on obtient, en vertu de la condition (2), le résultat suivant qui complète ceux de M. Milloux :

Lorsqu'une fonction $f(z)$ *d'ordre* ρ *supérieur à* 1 *n'admet que deux directions de Julia, qui font nécessairement l'angle* $\frac{\pi}{\rho}$, *dans tout angle complètement intérieur à celui-ci, on a*

$$\log|f(z)| > r^{\rho - \varepsilon(r)} \qquad (r = |z|),$$

$\varepsilon(r)$ *tendant vers* 0 *lorsque* r *croît indéfiniment.*

3. Dans son Mémoire *Sur l'itération des fonctions entières* (1), M. Fatou utilise des propriétés de croissance d'une fonction (entière) de fonction entière. J'avais démontré autrefois (2) que l'un des théorèmes, que M. Fatou énonçait avec certaines restrictions, était vrai pour les fonctions d'ordre fini et même pour d'autres fonctions. En employant le théorème de M. Schottky sous la forme équivalente à la forme classique que je lui ai donnée dans une Note précédente (3) et le théorème de M. Hadamard sur la convexité, on obtient la proposition suivante : *Soient* $f(z)$ *une fonction entière et* $\varphi(u)$ *la fonction inverse de* $M(r, f)$; *l'équation*

$$f(z) = Z$$

a une solution au moins dans la couronne

$$\varphi(|Z|) \leq |z| > C\varphi(|Z|),$$

C *étant une constante absolue, dès que* $|Z|$ *est assez grand* $[|Z| > R(f)]$.

4. En utilisant également le théorème de Schottky sous la forme qui lui avait été donnée par M. Bohr, M. Pólya a obtenu (4) une propriété de la

(1) *Acta math.*, **47**, 1926, p. 337-370.

(2) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 1050-1061; *Bull. Sciences math.*, **46**, 1922, p. 200-208.

(3) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1256-1258.

(4) *Journal of the London Math. Soc.*, **1** 1925, p. 1-4.

fonction $M[r, F(f)]$, relative à $F[f(z)]$. Il est clair que $M[r, F(f)]$ est au plus égal à $M[M(r, f), F]$. Le théorème que j'ai donné sur le comportement d'une fonction entière dans le voisinage des points de module maximum situés sur les circonférences $|z| = r$, r valeur ordinaire, montre de suite que, ε *étant positif et arbitraire, on a, à partir d'une valeur de* r,

$$M[r, F(f)] > M\{(1-\varepsilon)\,M[(1-\varepsilon)\,r, f], F\},$$

inégalité plus précise que celle de M. Pólya.

HYDRODYNAMIQUE. — *Évolution des figures d'équilibre d'une masse fluide hétérogène. Impossibilité d'un dédoublement.* Note de M. **A. Véronnet**, transmise par M. Appell.

La condensation d'une masse fluide hétérogène peut varier entre deux limites, depuis l'homogénéité jusqu'à la condensation totale. Or nous connaissons les figures d'équilibre relatif aux deux limites. C'est la figure de Roche dans le cas de la condensation totale, et l'ellipsoïde de révolution ou de Maclaurin, dans le cas de l'homogénéité. J'ai démontré qu'une masse fluide hétérogène devait être de révolution, ce qui exclut les ellipsoïdes à trois axes ou de Jacobi ([1]).

Considérons l'ellipsoïde homogène de même masse, de même vitesse de rotation et de même rayon équatorial que notre masse hétérogène, et la figure de Roche correspondant aux mêmes éléments. Ces trois figures sont tangentes tout le long de l'équateur. La figure de Roche enveloppe complètement les deux premières. La figure extérieure de notre masse hétérogène restera toujours comprise entre les deux autres au cours de son évolution.

Les deux figures limites n'ont pas de point d'inflexion sur le méridien. On démontre qu'il en est de même pour les figures de concentration intermédiaire. *Une masse hétérogène en rotation ne peut donc pas se dédoubler pour fournir des satellites ou des étoiles doubles.*

Si la masse se concentre indéfiniment, en conservant le même moment de rotation, l'ellipsoïde homogène aboutit finalement à un disque aplati, où la force centrifuge fait équilibre partout à l'attraction, et dont j'ai déterminé le rayon et la vitesse de rotation ([2]). *Pour la masse hétérogène, la concentra-*

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 225.

([2]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 328; et *Journal de Math.*, 7e série, 5, 1919, p. 211.

tion finale aboutira encore à un disque aplati, où la force centrifuge égalera partout l'attraction, mais cette égalité ne sera réalisée que successivement et la vitesse de rotation variera avec la distance au centre. La limite supérieure du rayon de ce disque sera égale à $3\frac{\pi}{4}$ ou 2,35 fois le rayon du disque homogène correspondant. Pour la Terre il serait compris entre $9^{km},4$ et $21^{km},6$.

En partant d'une condition hydrodynamique que j'avais indiquée (¹), M. Dive a démontré qu'une masse hétérogène ne pouvait pas prendre une figure d'équilibre rigoureusement ellipsoïdale (²). On peut cependant utiliser, avec une très grande approximation, que la figure est ellipsoïdale et préciser encore l'évolution de la figure d'équilibre d'une masse hétérogène.

En première approximation, pour de faibles vitesses et en négligeant le carré de l'aplatissement e^2, Clairaut a montré qu'on obtient des surfaces de niveau ellipsoïdales, avec une vitesse uniforme. La déformation est de l'ordre de e^2.

En seconde approximation, en négligeant e^3, on pouvait espérer réaliser encore des surfaces de niveau ellipsoïdales en faisant varier la vitesse de rotation. J'avais donné la formule et les valeurs dans ma Thèse (³). La condition hydrodynamique est bien vérifiée sur l'axe polaire, mais elle ne peut pas l'être partout, si la déformation est nulle. Les surfaces ellipsoïdales sont donc déjà impossibles en seconde approximation, même avec vitesse de rotation variable.

On peut cependant déterminer les vitesses et la déformation des surfaces internes de telle façon que la surface extérieure soit ellipsoïdale. Nous pourrons donc représenter encore par un ellipsoïde la surface extérieure de notre masse hétérogène, qui sera encadrée entre l'ellipsoïde homogène et la figure de Roche. La déformation négligée serait de l'ordre de e^3. Or, au moment où la force centrifuge égale l'attraction, dans le cas de Roche, l'aplatissement de notre masse serait compris entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$, et nous aurions une approximation du dixième, jusqu'au voisinage de cette limite.

Mais la condition hydrodynamique se trouve de nouveau vérifiée quand la masse hétérogène atteint la limite du disque aplati. On pourra réaliser également des figures d'équilibre ellipsoïdales autour de cette limite, en première et seconde approximation, et rejoindre la première série

(¹) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 949.
(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 371.
(³) *Journal de Math.*, 6ᵉ série, **8**, 1912, p. 400.

d'ellipsoïdes, avec une déformation qui ne dépassera pas un dixième. *La figure d'équilibre d'une masse hétérogène pourra donc se représenter toujours par un ellipsoïde, avec cette approximation*, avec vitesses de rotation variables.

D'ailleurs, même dans le cas d'une vitesse uniforme, la figure extérieure d'une masse hétérogène peut se représenter par un ellipsoïde avec la même approximation, car on montre que les figures de Roche, qui limitent la déformation extrême, diffèrent d'un ellipsoïde de moins des 0,04 du rayon équatorial.

On peut, de plus, encadrer cet ellipsoïde hétérogène entre deux autres ellipsoïdes homogènes. J'ai démontré, en effet, dans ma Thèse, que la vitesse de rotation restait comprise entre celles de deux ellipsoïdes homogènes, dont l'un aurait même densité que la densité moyenne, et l'autre même densité que la densité centrale. On peut démontrer, en outre, qu'au cours de la contraction, avec moment de rotation constant, *le grand axe de l'ellipsoïde hétérogène sera plus grand que celui de l'ellipsoïde homogène correspondant, mais plus petit que celui-ci multiplié par le rapport des densités moyenne et centrale*. Ce rapport pour la Terre serait voisin de 2.

Comme le calcul du potentiel et de la déformation d'une masse hétérogène, dont les surfaces de niveau sont voisines de la forme ellipsoïdale, a été fait d'une façon très complète à propos de la forme de la Terre, il pourra s'appliquer, comme première approximation suffisante, à toute l'étude de l'évolution des figures d'équilibre.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un cas de vitesses critiques dans les mouvements d'une locomotive sur les rails*. Note de M. **Belzecki**, présentée par M. Mesnager.

Examinons le mouvement d'une locomotive se déplaçant sur une droite avec une vitesse constante v. Les vibrations transversales des rails sont données par l'équation connue

$$\mathrm{EJ}\frac{\partial^4 y}{\partial x^4}+m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}=0$$

si

$$\frac{\partial x}{\partial t}=\text{const.}=v,$$

$$\frac{\partial y^2}{\partial t^2}=v^2\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}.$$

Il s'ensuit

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}(\mathrm{EJ}y'' + mv^2 y) = 0$$

et pour les vibrations finies

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\mathrm{EJ}}{\rho} + mv^2 y\right) = 0.$$

Les deux équations de vibrations sont analogues à l'équation d'une pièce fléchie et comprimée par les forces mv^2. Les vibrations s'expriment par les fonctions périodiques circulaires pour les vibrations infiniment petites et elliptiques pour les vibrations finies. La période des vibrations est une fonction de v. En égalant cette période à une de ces trois périodes de mouvement vibratoire de la locomotive (mouvement de galop, mouvement de roulis, mouvement de lacet), nous obtenons trois vitesses critiques.

L'étude de la vibration totale dans ce cas ne présente pas de difficultés.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du IIIe satellite de Jupiter.* Note de M. G. **Rougier**, présentée par M. Deslandres.

Pendant la nuit du 30 au 31 août 1927, j'ai pu observer Jupiter et ses satellites dans la lunette de 0m,83 de Meudon ; les images étaient bonnes (distance zénithale comprise entre 55° et 50° pendant la durée de l'observation), et j'ai vu sans difficulté la tache sombre signalée par Antoniadi [1] sur le IIIe satellite.

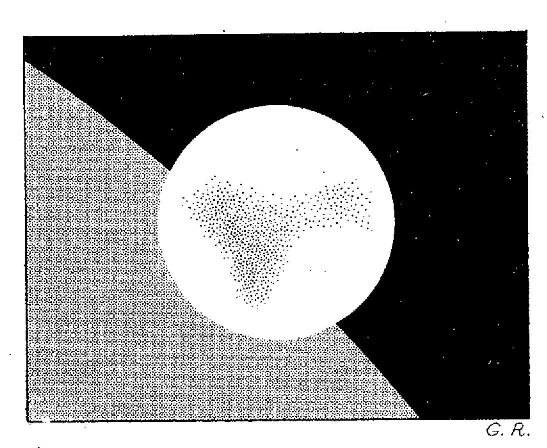
Ayant ensuite séjourné à l'Observatoire du Pic du Midi pour y effectuer des observations d'un autre ordre, j'ai, pour juger des qualités optiques de l'objectif de 0m,23, observé Jupiter dans la soirée du 17 octobre avec la lunette armée d'un oculaire dont le grossissement (non mesuré) dépasse très probablement 300 fois. J'ai été surpris de constater, malgré une légère agitation des images, que l'aspect du IIIe satellite différait de celui des trois autres satellites ; il présentait un faible estompage dont il ne m'a pas été possible de saisir la forme (22h30m à 22h45m).

La nuit suivante, les images étaient absolument calmes à 21h45m, peu de temps avant la culmination de la planète (distance zénithale voisine de 45°) : j'ai pu distinguer la forme de la tache du IIIe satellite et exécuter un dessin

---

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 637.

à $21^{h}51^{m}$, au moment où le satellite entrait sur le disque de la planète. La tache, dont les bords étaient dégradés par suite de la diffraction, était



Entrée du IIIe satellite de Jupiter sur le disque de la planète lors du passage du 18 octobre 1927.

nettement plus sombre du côté précédent. Je me suis assuré que la forme de la tache ne changeait pas en déplaçant l'astre dans le champ de l'instrument et en inclinant plus ou moins la ligne des yeux.

Le 19, à $0^{h}35^{m}$, la tache a été revue au moment où le IIIe satellite émergeait du disque de la planète, quoique les images ne fussent pas aussi parfaites qu'au début du passage. Le dessin pris à ce moment confirme le premier.

Cette observation est en accord avec une période de rotation du IIIe satellite égale à sa durée de révolution autour de Jupiter, conclusion tirée par Antoniadi de ses récentes observations.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Essai d'une théorie approchée de la transmission de chaleur par convection dans un tube cylindrique circulaire parcouru par un fluide réel animé d'un mouvement turbulent.* Note de M. **A. Levêque**, présentée par M. G. Kœnigs.

Un fluide réel parcourant un tube cylindrique est animé d'un mouvement turbulent, à partir d'une certaine valeur de la vitesse. C'est M. Boussinesq, qui, le premier, distingue en chaque point la vitesse moyenne locale v, constante et dirigée dans l'axe et la vitesse d'agitation locale (de moyenne

nulle), et considère le coefficient de turbulence :

$$\varepsilon = \rho g \frac{\sqrt{B}}{k} \frac{R}{2} v \frac{R}{r}$$

(ρ, masse spécifique du fluide; B, coefficient de frottement entre paroi et fluide, suivant la formule $\rho g B V^2$; k, constante physique du fluide; R, rayon; r, distance à l'axe du point considéré).

Le rôle des tourbillons sera d'uniformiser la température dans leur zone d'action, et de créer un transport de chaleur de la périphérie vers l'axe. Nous le représenterons par une vitesse fictive v', négative et fonction de E. Prenant Ox comme axe du tube, l'équation approchée sera

$$a^2\left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial t}{\partial r}\right) = V\frac{\partial t}{\partial x} + v'\frac{\partial t}{\partial r} \qquad (V, \text{ moyenne de } v).$$

Remplaçant $\frac{\partial t}{\partial r}$ par $-\frac{t - t_0}{R - r}$ (t_0, température de la paroi), parce qu'il n'est potable que pour r voisin de R, et choisissant v' proportionnel à $V(R - r)$, car il s'annule à la paroi, on aura

$$\frac{a^2}{V}\left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial t}{\partial r}\right) = \frac{\partial t}{\partial x} + h\frac{t - t_0}{R},$$

h étant une constante positive. On doit avoir

$$h = \varphi\left(g\frac{\sqrt{B}}{k}\right) \times \frac{1}{D^{n_1}}.$$

La dernière équation obtenue se résout par les séries de Bessel : Q, chaleur échangée par unité de surface et de temps pour l'abscisse x ; t_m, température moyenne dans une section ;

$$\alpha_x = \frac{Q}{t_m - t_0} \qquad \text{et} \qquad \alpha_0'^x = \frac{\int_0^x Q\,dx}{\int_0^x (t_m - t_0)\,dx},$$

coefficient vrai et coefficient moyen de convection, s'expriment à l'aide des variables $\lambda = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2R}{x}\frac{2RV}{a^2}}$ et $\frac{2R}{x}$, par des séries exponentielles. En raison des approximations faites, nous supposerons λ assez grand pour qu'on puisse

prendre les valeurs asymptotiques et écrire :

$$\alpha_x = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{\mathrm{K}c\rho\mathrm{V}}{x}} + \frac{h}{2}c\rho\mathrm{V},$$

$$\alpha_0'^x = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{\mathrm{K}c\rho\mathrm{V}}{x}} + \frac{h}{2}c\rho\mathrm{V}.$$

Telles sont les formules que nous proposons. *Le premier terme du second membre représente l'influence des vitesses moyennes locales ; le second représente l'action de la turbulence.*

Nous avons essayé d'interpréter les résultats des expériences des divers auteurs (Josse, Rietschel, Groeber, Nüsselt, Jordan avec l'air ; Poensgen avec la vapeur d'eau ; Soennecken avec l'eau. La *formule binome donnant* $\alpha_0'^x$ *les exprime convenablement, à condition de choisir la constante h dans chaque cas.*

Les valeurs trouvées pour h diffèrent peu.

Pour l'air, h est compris entre 0,00372 (Nüsselt) et 0,00500 (Josse); pour la vapeur d'eau : $h = 0,00498$ pour l'eau, $h = 0,000456$ ou 0,001078 suivant qu'il s'agit du tube de fer ou du tube de laiton lisse de Soennecken. En réalité, h varie un peu avec le diamètre, et l'on aurait $n = 0,25$ environ. De plus, nous avons tenu compte de ce que Jordan avait trouvé des chiffres trop élevés. L'effet de la rugosité est encore mal connu pour l'air.

En résumé, la formule binome ci-dessus a beaucoup plus de portée que toutes les formules empiriques proposées jusqu'ici, qui ont la forme monome avec un exposant fractionnaire mal déterminé.

Remarques. — 1° La formule binome s'appliquera en prenant des valeurs moyennes, pour K et c, et la valeur exacte du produit ρ V, débit en masse par unité de section.

2° Elle doit s'étendre au cas du corps plongé dans un courant fluide. Pour un tube cylindrique circulaire plongé dans un courant normal à l'axe, on aurait le coefficient moyen

$$\alpha = \beta\cdot\frac{4}{\pi\mathrm{D}}\cdot\sqrt{\frac{\mathrm{K}c\rho\mathrm{V}(\xi_1-\xi_0)}{\pi}} + \frac{h}{2}c\rho\mathrm{V},$$

$\mathrm{V}(\xi_1 - \xi_0)$ étant la variation du potentiel de vitesses sur la surface d'échange, et β un coefficient de sillage supérieur à 1.

ÉLECTRICITÉ. — *Pouvoir inducteur à l'état gazeux.*
Note de MM. **Cordonnier** et **Guinchant**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons mesuré le pouvoir inducteur d'une trentaine de gaz à la température atmosphérique, au moyen d'un appareil décrit précédemment [1] (comparaison des capacités à la fréquence de 150 kilocycles par méthode de zéro). Ce dispositif donne avec une grande précision le rapport de l'excès diélectrique du gaz $K-1$ à celui de l'air K_0-1. Nous admettons pour K_0-1 la valeur approchée fournie par nos mesures, en concordance avec la moyenne des valeurs déjà connues $(K_0-1)10^4 = 6{,}18\,\frac{H}{760}\,\frac{273}{T}$.

I. *Loi des mélanges.* — On a essayé sans succès, pour les liquides, les relations les plus diverses, rationnelles, irrationnelles ou logarithmiques. Pour les gaz, dont les pouvoirs inducteurs sont voisins de l'unité, toutes ces relations se ramènent pratiquement à

$$P(K-1) = \Sigma P_n(K_n-1),$$

P étant la pression du mélange et P_n les pressions partielles des constituants. Dans le cas de deux gaz, la loi de Dalton donne $P_2 = P - P_1$; l'excès diélectrique du mélange doit être une fonction linéaire de la pression partielle de l'un des constituants. Nous avons étudié les mélanges d'air ou de gaz carbonique avec les vapeurs des corps inscrits au tableau suivant. Nous avons trouvé que la *loi précédente se vérifie avec la même précision que la loi de Dalton,* quoique les excès diélectriques des deux gaz mélangés fussent parfois très différents, dans le rapport de 1 à 40. Ainsi se trouve légitimée l'application de la loi des mélanges à l'air humide (*loc. cit.*).

II. *Excès diélectriques.* — Nous avons trouvé pour les valeurs de $(K-1).10^4$, ramenées à 15° et 760mm (Air 5,86) :

---

[1] Delcelier, Guinchant et Hirsch, *Onde électrique*, 5, 1926, p. 201.

Acétylène	13	Oxyde de méthyle	57
Allylène	40	Oxyde d'éthyle	70
Oxychlorure de carbone	67	Oxyde d'éthylène	108
Chlorure de méthyle	113	Acétaldéhyde	222
Bromure de méthyle	112	Acroléine	272
Iodure de méthyle	108	Acétone	264
Chloroforme	78	Formiate de méthyle	114
Chlorure d'éthyle	132	Acétate de méthyle	118
Bromure d'éthyle	152	Formiate d'éthyle	154
Dichloréthylène	148	Nitrite de méthyle	148
Gaz carbonique	9,9	Nitrite d'éthyle	182
Oxysulfure de carbone	30	Monométhylamine	66
Sulfure de carbone	30	Monoéthylamine	73
Mercaptan méthylique	81	Diéthylamine	82
Sulfure de méthyle	100	Cyanogène	16,7
Alcool méthylique	114	Acide cyanhydrique	238
Ozone	(1)		

III. *Relations avec l'indice optique et avec la constitution.* — Pour la moitié environ de ces corps l'indice optique n n'a pas été mesuré à l'état gazeux, mais on sait que la réfringence moléculaire $R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{d}$ concorde, mieux encore qu'à l'état liquide, avec la somme des réfringences atomiques et constitutives. Les mesures du pouvoir inducteur permettent de calculer la constante de Lorenz $L = \frac{K - 1}{K + 2} \frac{M}{d}$, d'où le rapport $\frac{L}{R}$. Ce rapport, voisin de l'unité pour le sulfure de carbone, le gaz carbonique, le cyanogène ($K = n^2$), est notablement plus grand pour les autres corps du tableau précédent ; il devient surtout élevé dans les molécules possédant un hydrogène remplaçable par un métal : il atteint 10 pour l'alcool méthylique, 12 à 13 pour l'acétone et l'aldéhyde, 27 pour l'acide cyanhydrique. Suivant la théorie de Debye, de J.-J. Thomson, purement spéculative jusqu'à ce jour, ces molécules auraient un moment électrique élevé.

Pour les corps anormaux ($L > R$) la constante de Lorenz *à l'état gazeux est généralement* (*sauf pour l'oxyde d'éthyle*) *plus grande qu'à l'état liquide à la même température*. Le rapport $\frac{L}{R}$ relatif à l'état liquide est par exemple

(1) L'oxygène ozonisé à 4 pour 100 et l'oxygène pur n'ont aucune donné différence appréciable. Le pouvoir inducteur de l'ozone est donc du même ordre que celui de l'oxygène.

2,3 pour l'alcool méthylique, 3,3 pour l'acétone, 4,5 pour l'acide cyanhydrique.

Dans tous les cas étudiés, le pouvoir *inducteur augmente en passant d'un corps à son homologue supérieur*. Pour un corps normal ($L = R$), la substitution de CH^3 à H doit faire croître la réfringence moléculaire de 4,6, ce qui correspond sous l'état gazeux à une augmentation du pouvoir inducteur voisine de 0,00006. En joignant à nos mesures celles de Pohrt [1], de Smith et Zahn [2], de Saenger [3], nous constatons qu'il en est à peu près ainsi pour les carbures, les oxydes, les amines. Mais l'accroissement devient beaucoup plus grand quand la molécule contient un radical électronégatif (chlorures, sulfures, cétones, éthers carboxylés).

L'influence de la constitution chimique est particulièrement manifeste dans les couples d'isomères : le composé ayant un hydrogène énolique ou remplaçable par un métal, possède le pouvoir inducteur le plus élevé, par exemple :

Oxyde d'éthylène........	1,0108	Acétaldéhyde	1,0222

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le démultiplicateur de fréquence ferromagnétique*. Note de M. **Rouelle**, présentée par M. Paul Janet.

L'entretien d'une oscillation par un de ses harmoniques supérieurs a été observé pour la première fois par MM. Fallou et Mauduit [4] au cours d'essais effectués sur un interrupteur à *haute tension*; ces auteurs ont relevé des oscillogrammes aux divers rapports de démultiplication réalisés et indiqué les conditions de résonance théoriquement nécessaires à vide et en charge. M. Blondel a établi [5] que la réversibilité du multiplicateur de fréquence ainsi démontrée expérimentalement était théoriquement évidente pour des raisons d'ordre purement mathématique.

L'étude que j'ai faite de la ferrorésonance, sur un circuit composé d'un

---

(1) Pohrt, *Ann. der Phys.*, 42, 1913, p. 569.

(2) Smith et Zahn, *Phys. Rev.*, 24, 1924, p. 400.

(3) Saenger, *Phys. Zeit.*, 27, 1926, p. 556.

(4) J. Fallou et A. Mauduit, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 312. — A. Mauduit, *Rev. gén. Électricité*, 19, 1926, p. 940. — J. Fallou, *Rev. gén. Électricité*, 19, 1926, p. 987.

(5) A. Blondel, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 297.

condensateur en série avec une bobine à noyau de fer et une résistance [1], m'a mis en présence du même phénomène en *basse tension;* j'en ai fait une étude expérimentale détaillée. J'ai constaté en particulier que *les égalités exprimant la résonance entre la capacité* C *et la self-induction* L_0 *de la bobine* (*définie dans la partie rectiligne de la caractéristique*) *ne sont que des conditions limites, le fonctionnement du démultiplicateur n'étant subordonné qu'à des inégalités;* d'autre part, ces relations ne font pas intervenir *la valeur efficace de la tension d'alimentation* dont l'influence est *pratiquement considérable.*

Il n'est pas possible, en général, de déterminer *a priori* l'ordre n du sous-harmonique qui s'établira dans un circuit donné, car certains d'entre eux ont des conditions communes d'existence et plusieurs subsistent même dans des cas où le régime à fort courant de ferrorésonance est également possible. (Le régime à faible courant est toujours possible dans la zone où se fait la démultiplication.) Lorsque plusieurs régimes de démultiplication sont également probables, l'intensité efficace du courant qui s'établit est d'autant plus grande que l'ordre n du sous-harmonique est moins élevé; elle reste toujours comprise entre les deux régimes de fréquence égale à celle de la source qui pourraient être obtenus dans les mêmes conditions. Les lois régissant le passage d'un régime à l'autre sont alors les suivantes :

1° *Passage d'un régime de courant à un autre d'intensité moindre.* — Ce passage peut se faire exceptionnellement *par modification continue* d'une des constantes du circuit. J'ai pu réaliser ainsi par diminution de la tension d'alimentation la succession suivante : fort courant de fréquence 40; sous-harmonique $\frac{40}{2}$, sous-harmonique $\frac{40}{3}$, faible courant de fréquence 40, les régimes intermédiaires pouvant ou non se stabiliser. *Dans le cas ordinaire*, une modification lente du circuit provoque le passage sans transition du régime primitivement établi au régime à faible courant de fréquence fondamentale.

2° *Passage d'un régime de courant à un autre plus intense.* — Il ne peut se faire par modification continue que dans la ferrorésonance à la fréquence de la source. L'amorçage du démultiplicateur de fréquence nécessite toujours une oscillation créée par une modification brusque du circuit. Les auteurs précités recouraient dans ce but à la rupture d'un court circuit aux bornes de la bobine : ce procédé peut être indispensable pour les sous-

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1426.

multiples d'ordre élevé ($n \geqq 5$), mais l'oscillation produite par la *simple fermeture de l'interrupteur* m'a toujours suffi pour les ordres 2 et 3, elle risque moins de produire le régime à fort courant lorsqu'il peut coexister. Ce risque peut d'ailleurs être écarté par une augmentation convenable de la résistance en série.

J'ai cherché à déterminer dans quelles conditions se produit le désamorçage des sous-harmoniques et effectué dans ce but des essais sur diverses bobines, en modifiant successivement pour chacune d'elles l'un des quatre paramètres suivants : tension efficace U aux bornes extérieures, fréquence f de la source, capacité C, résistance en série R. Dans ces conditions, l'amorçage d'un sous-harmonique quelconque ayant été réalisé, il existe au moins *deux valeurs critiques α' et α'' du paramètre variable pour lesquelles a lieu le désamorçage* et à l'extérieur desquelles le réamorçage ne peut plus se produire. Cette loi comporte une restriction dans le cas où R varie seule : il n'y a pas en général de limite inférieure R' provoquant le désamorçage.

Les valeurs critiques du paramètre variable dépendent des valeurs des autres paramètres; on peut, en modifiant ceux-ci, tracer des *familles de courbes critiques* donnant une idée générale du phénomène.

J'ai étudié plus spécialement, pour une même bobine de faible résistance et plusieurs capacités maintenues constantes, *les variations des tensions critiques U' et U'' en fonction de la fréquence*. Pour un rapport de démultiplication donné, *les deux courbes* (U') et (U'') *correspondant à une même capacité, sont concourantes vers les basses fréquences,* en un point qu'elles ne dépassent pas et qui limite la zone d'existence du sous-harmonique considéré. *C'est pour la fréquence f_0* correspondant à ce point, *et seulement pour les harmoniques* impairs ($n=3$ et $n=5$) *qu'est sensiblement vérifiée la condition de* résonance indiquée par MM. Mauduit et Fallou pour la marche à vide.

Si N représente l'inductance apparente de la source, on a

$$(L_0 + N)\, C \left(\frac{\omega_0}{n}\right)^2 = 1.$$

Pour le reste de la zone, la fréquence étant plus élevée, l'expression figurant au premier membre peut être très supérieure à l'unité.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres du phosphore pour différents degrés d'ionisation.* Note de M. **Georges Déjardin**, présentée par M. Ch. Fabry.

Certains procédés d'excitation spectrale (choc électronique, décharge oscillante dans un tube sans électrodes) permettent de répartir les raies d'un élément déterminé dans plusieurs groupes correspondant à des excitations d'intensité croissante. Les groupes ainsi différenciés ont été généralement attribués aux degrés successifs d'ionisation de l'atome. A cet égard, l'incertitude qui subsiste ne peut disparaître qu'en faisant intervenir les arguments décisifs fondés sur la considération des séries spectrales, ou encore sur l'extension des lois des doublets des rayons X aux spectres optiques (Millikan et Bowen).

Les raies fondamentales des différents spectres du phosphore (de P I à P V) ont été récemment reconnues avec certitude [1]. Il était donc possible, dans ce cas particulier, de soumettre à un excellent contrôle le procédé d'analyse basé sur l'étude spectroscopique de la décharge sans électrodes, suivant la technique indiquée par L. et E. Bloch.

Pour le spectre d'arc et les divers spectres d'étincelle, les observations sont en accord complet avec les attributions prévues par Miss Saltmarsh (P I) et par Millikan et Bowen (P II à P V). Dans l'intervalle spectral étudié (6500-2000 A.), les raies sériées des deux premiers spectres d'étincelle (74 raies pour P II et 11 pour P III) définissent deux groupes homogènes nettement séparés, dans lesquels viennent se ranger un grand nombre de raies supplémentaires (environ 150 pour P II et 100 pour P III). Ces dernières présentent exactement les mêmes caractères d'évolution que les raies sériées; elles doivent être attribuées aux mêmes centres d'émission P^{+} et P^{2+}. Les plus intenses sont indiquées dans le tableau suivant (mesures de Geuter, réduites au système international) :

---

[1] P I, Miss Saltmarsh, *Phil. Mag.*, 47, 1924, p. 874. — P II, Bowen, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 510. — P III et P IV, Millikan et Bowen, *Phys. Rev.*, 25, 1925, p. 591 et 600; Miss Saltmarsh, *Proc. Roy. Soc.*, 108, 1925, p. 332. — P V, Bowen et Millikan, *Phys. Rev.*, 25, 1925, p. 295.

Spectre P II.

5253,48	4499,17	4109,19	3676,26
4658,11	52,44	4019,45	17,09
01,96	20,64	3885,17	3507,36
4589,78	4385,33	27,44	3308,85
87,90	4178,36	3706,05	

Spectre P III.

4724,25	3978,27	3904,78	3171,84
4479,74	57,62	3895,02	2680,36
28,15	51,50	02,07	63,99
4143,84	33,37	3186,24	32,62
3997,16	14,26	84,82	11,05

Les triplets caractéristiques du spectre P IV n'apparaissent qu'avec les plus puissantes excitations réalisées, et les raies attribuées au spectre P V, qui correspondent à l'atome « dépouillé » P^{4+}, sont invisibles sur les spectrogrammes. Cette absence est due à l'insuffisance de l'installation employée (bobine et condensateurs).

Miss Saltmarsh a incorporé au spectre P III quatre doublets supplémentaires dont la séparation commune est voisine de 51,7. Parmi les huit raies qui les constituent, trois sont invisibles sur les clichés, une seule (3296) semble se rapprocher du type P III et les deux doublets 6043-6024 et 3566-3560 appartiennent au groupe P II. Ainsi, dans l'esquisse de classification de Miss Saltmarsh, les attributions étrangères au schéma de Millikan et Bowen doivent être vraisemblablement rejetées.

En résumé, l'étude des variations observées dans la décharge sans électrodes conduit effectivement à la séparation des spectres caractéristiques des différents degrés d'ionisation de l'atome de phosphore. L'ensemble des résultats obtenus peut servir de point de départ poor le développement des classifications ébauchées par Millikan et Bowen. La présence sur les spectrogrammes d'un grand nombre de raies nouvelles montre que le spectre du phosphore est encore imparfaitement connu, particulièrement dans l'ultraviolet lointain, au-dessous de 2700 A.

OPTIQUE. — *Franges de superposition entre deux lames semi-argentées constituées par des milieux d'indices différents.* Note de M. **Georges Simon**, présentée par M. A. Cotton.

L'expérience a été faite dans le cas de l'eau, en utilisant une cuve interférentielle, constituée par deux glaces de Perot et Fabry, séparées par des rondelles de caoutchouc, dispositif qui permet le réglage du parallélisme des surfaces.

Si l'on établit la superposition entre la cuve vide et une lame d'épaisseur variable (interféromètre), on a les anneaux que j'ai déjà décrits [1].

Si l'on remplit la cuve d'eau pour retrouver les anneaux, il faut augmenter l'épaisseur de la lame variable d'environ $\frac{1}{3}$ de sa valeur primitive.

D'autre part, au lieu d'observer 10 ou 12 anneaux au maximum, de plus en plus nets, de couleurs de plus en plus vives à mesure qu'on s'approche de l'anneau central — qui est bien déterminé, — on obtient plusieurs centaines d'anneaux qui se succèdent en s'élargissant tandis qu'on augmente la distance des verres de la lame variable.

Lorsqu'ils commencent à apparaître, les anneaux sont alternativement verts et rouges, puis on voit des anneaux sombres, presque noirs sur fond verdâtre, ensuite des anneaux alternativement bleuâtres et rosés. Il n'y a pas d'anneau central déterminé.

On obtient, du reste, des colorations analogues avec les franges rectilignes ordinaires de superposition.

Si l'on analyse au spectroscope la lumière qui a traversé les deux lames, on observe, au voisinage de la superposition, que le champ est sillonné de franges qui ne sont plus uniformément réparties — comme dans le cas de deux milieux identiques, — on aperçoit une frange large entourée de franges qui vont en se resserrant de part et d'autre de la frange large.

Quand on augmente progressivement l'épaisseur de la lame mobile, on voit des franges très serrées apparaître du côté du rouge, puis se montre la frange centrale large, celle-ci se déplace du rouge au violet, en même temps que les franges latérales paraissent diverger de part et d'autre de la frange centrale.

Ces phénomènes s'expliquent facilement, et si l'on dispose d'un spec-

---

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1124 et 1269.

troscope gradué en longueurs d'ondes, on a une méthode permettant d'étudier la dispersion du milieu optique compris entre les verres du premier appareil.

OPTIQUE. — *Étude du pléochroïsme de la tourmaline.*
Note de M. **Pierre Leroux**, présentée par M. A. Cotton.

Je me suis proposé de vérifier jusqu'à quel point l'absorption dans les cristaux est indépendante de la direction de propagation et dépend seulement de la direction du vecteur lumineux comme on l'admet généralement et comme l'indique la théorie dans le cas où l'absorption est faible. J'ai utilisé, comme appareil de mesure, une cellule photo-électrique associée à un électromètre à quadrants ([1]), ce qui m'a permis de déterminer des coefficients d'absorption dans le spectre visible et au commencement du spectre ultraviolet. La lumière est fournie par un arc au mercure en quartz, alimenté par une batterie d'accumulateurs; des écrans convenables permettent de sélectionner les diverses raies. Le cristal étudié est placé sur un cercle divisé, devant le diaphragme de la cellule; un dispositif permet de l'enlever et de le replacer très exactement dans sa première position. Un système de lentilles donne un faisceau parallèle perpendiculaire aux faces de la lame cristalline. Un nicol peut se placer devant le cristal dans une position invariable.

On a pris comme définition du coefficient d'absorption K celle donnée par la relation

$$I = I_0 e^{-kl},$$

où I est l'intensité de la radiation incidente et I_0 l'intensité de la radiation après un parcours de l centimètres dans la substance.

L'étude a porté sur deux petites lames de tourmaline bleues très pures, taillées aussi près que possible l'une de l'autre dans le même cristal. L'une de ces lames est taillée perpendiculairement à l'axe, l'autre parallèlement à l'axe. Les mesures ont été faites pour chaque lame deux fois, avec deux épaisseurs différentes, ce qui a permis de tenir compte du pouvoir réflecteur.

Les mesures sur la lame perpendiculaire à l'axe conduisent au coefficient d'absorption ordinaire K_0, pour un vecteur lumineux perpendi-

([1]) Le montage sera décrit dans un Mémoire détaillé.

culaire à l'axe et pour une direction de propagation parallèle à l'axe (¹). Les mesures sur la lame parallèle à l'axe conduisent à des valeurs qui varient avec l'orientation de la lame. On détermine le maximum et le minimum : le maximum est le coefficient d'absorption ordinaire K_0 pour un vecteur lumineux perpendiculaire à l'axe et une direction de propagation également perpendiculaire à l'axe. Le minimum est le coefficient d'absorption extraordinaire principal K_e, correspondant à un vecteur lumineux parallèle à l'axe et une direction de propagation perpendiculaire à l'axe.

On obtient le tableau suivant :

	K_0 pour une direction de propagation		
	parallèle à l'axe. — Lame perpendiculaire à l'axe.	perpendiculaire à l'axe. — Lame parallèle à l'axe.	
Radiations. Å			K_e.
3655	17,3	26,5	5,6
4046	14,1	26,4	5,5
4358	14,2	25,6	3,5
4916	13,1	18,0	2,9
5460	15,1	17,6	2,5
5769 } 5790 }	15,9	19,6	3,4

On voit que, pour une même longueur d'onde, les valeurs de K_0 sont toujours plus grandes pour une direction de propagation perpendiculaire à l'axe que pour une direction parallèle à l'axe.

La différence est trop grande pour pouvoir être expliquée par un défaut d'homogénéité des lames. J'ai d'ailleurs vérifié, en faisant des mesures systématiques en divers points de la lame parallèle à l'axe, que les écarts maxima que l'on obtient sont, pour des distances du même ordre que l'espace qui sépare dans le cristal les deux lames étudiées, bien inférieurs à ceux indiqués plus haut. On peut se rendre compte de l'importance de la différence des valeurs de K_0 en calculant $\frac{I}{I_0}$ pour une épaisseur de 1^{mm} traversée dans les deux cas. Par exemple, pour la raie 3655 Å, et pour un vecteur lumineux toujours perpendiculaire à l'axe optique, mais corres-

(¹) On obtient dans ce cas les mêmes résultats en lumière naturelle et en lumière polarisée.

pondant à des rayons de directions différentes, on a

$$\text{Rayon lumineux parallèle à l'axe } \frac{I}{I_0} = e^{-17,3\times0,1} = 0,17.$$

$$\text{Rayon lumineux perpendiculaire à l'axe } \frac{I}{I_0} = e^{-26,5\times0,1} = 0,07.$$

L'étude d'un petit cube de tourmaline, très transparent pour le jaune, ayant ses faces parallèles et perpendiculaires à l'axe optique a conduit aux mêmes conclusions. De plus, pour les radiations très peu absorbées, on retrouve la concordance des deux valeurs de K_0 indiquée par les théories approchées.

Pour les tourmalines étudiées, on est donc conduit aux conclusions suivantes :

1° Dès que l'absorption n'est pas très petite, il est impossible d'admettre, sans faire une approximation inacceptable, que K_0 est indépendant de la direction de propagation;

2° K_0 est plus petit pour la lumière se propageant dans la direction de l'axe que pour la lumière se propageant perpendiculairement à l'axe.

RELATIVITÉ. — *Sur la vitesse de la Terre.* Note de M. **E. Brylinski.**

A l'occasion d'une Note récente [1] de MM. A. Piccard et E. Stahel, je préciserai très brièvement quelques-uns des motifs de notre désaccord.

La courbe des vitesses de la Terre que devrait donner l'interféromètre de Michelson au cours d'une journée peut avoir la forme d'une pseudo-sinusoïde de maximum très aplati et de minimum creux, ou d'une pseudo-sinusoïde de période moitié à deux minimums inégaux. C'est à cette seconde forme que l'on peut rapporter les résultats obtenus par Miller dans la période avoisinant le 15 septembre 1925. A côté du minimum principal ayant lieu vers 18^h et donnant une vitesse d'environ 3,8 km : s, et d'un maximum correspondant à environ 10 km : s vers 11^h, il y a au moins un minimum secondaire, donnant une vitesse d'environ 7,1 km : s vers 6^h. Si donc on se reporte aux résultats de Miller, l'heure de 5 à 6 correspond non pas au maximum de la vitesse décelée par l'appareil au cours de la

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1198.

journée, mais à un minimum secondaire donnant une déviation à peu près égale à la moitié seulement de celle correspondant au maximum. On devait donc s'attendre, avec l'appareil des savants belges, à une sinusoïde d'amplitude atteignant seulement $\pm$ 1,6 millième de frange.

D'autre part, MM. Piccard et Stahel semblent avoir pris simplement la moyenne arithmétique des résultats obtenus en un certain nombre de points géographiquement repérés. Il ne nous apparaît pas que cette méthode, applicable au cas où l'expérience fournit des résultats par points isolés, le soit à l'appareil employé, qui fournit des courbes continues donnant l'allure du phénomène. Le fait que les courbes obtenues dans les essais successifs soient mal en phase les uns par rapport aux autres s'explique trop naturellement par la délicatesse des essais et l'importance des causes perturbatrices probables pour qu'il y ait lieu de s'y attacher. Nous pensons qu'il faudrait prendre chaque courbe et l'examiner en soi, puis comparer les résultats obtenus sans s'inquiéter des déphasages respectifs.

La Note des savants belges ne permet pas de déterminer le résultat qu'on obtiendrait ainsi, mais les indications qu'elle contient donnent à penser que la sinusoïde moyenne ainsi obtenue ne s'écarterait pas énormément de celle que l'on pouvait prévoir.

Il semble en définitive que, si l'on s'abstient de toute idée préconçue, les expériences effectuées au Rigi en septembre 1927 par MM. A. Piccard et E. Stahel tendraient plutôt à confirmer qu'à infirmer les résultats de Miller.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'immatriculation des œuvres d'art.* Note de MM. **Edmond Bayle**, **Henri George**, **Augustin Mache**, présentée par M. Louis Lumière.

Dans le but d'assurer à la fois la protection des artistes et de leurs œuvres, un arrêté, daté du 12 septembre 1925, a précisé les conditions dans lesquelles « pouvait » s'effectuer l'identification des œuvres d'art. L'apposition des empreintes digitales de l'artiste sur l'une des parties de l'œuvre et sur une fiche annexée à sa déclaration est la base de l'identification proposée.

Or, si le rapport présenté par Dastre à l'Académie, dans sa séance du 1er juillet 1907, a définitivement confirmé la valeur de l'empreinte digitale pour l'identification humaine, il importe de remarquer que les

conclusions de ce rapport sont loin de s'appliquer à l'objet revêtu d'une empreinte. L'empreinte de l'artiste pourra en effet être facilement reproduite par des procédés photomécaniques et apposée par des faussaires sur des copies ou imitations de son œuvre. C'est donc moins sur ce « cachet » personnel, mais, comme tout autre, imitable, que sur les caractères mesurables de l'œuvre qu'il importe de baser un système d'identification.

Nous proposons de préciser ces caractères mesurables par les documents suivants dont l'ensemble peut constituer la fiche d'identité de l'œuvre :

1° Une photographie en grandeur réelle d'une partie du sujet faite sous une incidence donnée choisie pour faire saillir tous les détails des coups de brosse et de leur arrangement et sous un rayonnement donné de l'appareil à sélection polychrome que nous avons précédemment décrit (¹).

2° Une radiographie donnant la projection sur les fils de la toile ou les fibres du bois de l'arrangement des touches de peinture.

Pour dégager à l'aide de cette radiographie un nouveau caractère mesurable du tableau, nous nous plaçons dans des conditions permettant de mesurer le rapport exact des densités d'un point à l'autre de la radiographie. Un appareil, construit sur les indications de deux d'entre nous, pour la mesure de l'égalité des densités en deux points d'un spectrogramme, a été facilement adapté à la lecture de ces radiographies qui présentent une structure discontinue.

3° Enfin une photographie de l'ensemble de l'œuvre sert à repérer les régions étudiées en détail.

L'application de cette méthode d'identification n'est pas limitée aux œuvres peintes. Nous l'avons étendue à l'œuvre des sculpteurs et des artistes décorateurs.

RADIOLOGIE — *Sur un tube à rayons X de longueur d'onde effective égale à 8 unités Angström.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. de Broglie.

On a depuis longtemps cherché à utiliser en radiologie les rayons X de grande longueur d'onde absorbés par la paroi de verre des tubes actuels. Celle-ci ne commence, en effet, à devenir transparente que vers 10 KV ($\lambda = 1,2$ Å). C. L. et F. A. Lindemann ont imaginé en 1908 un verre léger

(¹) Edmond Bayle et Henri George, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 79.

reculant cette limite vers 5 KV (2,5 A). Nous avons pensé qu'il serait possible d'abaisser considérablement ce seuil en utilisant, comme fenêtre transparente, une membrane organique très mince, combinée avec une anticathode émettant un intense rayonnement K (Mg, Al, Si) disposée dans un appareil à vide entretenu.

Le tube est construit de manière à pouvoir absorber une puissance élevée sous une basse tension en offrant un champ d'irradiation étendu. Il se compose d'une anticathode tronconique en cuivre, mise au sol, refroidie par une circulation d'eau, dans l'axe de laquelle est disposée la cathode incandescente. Celle-ci consiste en un boudin circulaire de fil de tungstène, monté sur un pied de lampe isolé en verre pyrex à traversées en tungstène. Un écran circulaire évite l'échauffement et la métallisation de la fenêtre transparente. L'anticathode, qui offre une aire d'impact d'environ 30^{cm^2}, est intérieurement doublée d'aluminium. La fenêtre transparente est une feuille de cellophane de $0^{mm},02$ d'épaisseur et de 20^{cm^2} de surface. Elle est supportée par une toile métallique, elle-même soutenue par un croisillon d'acier et collée sur la base anodique au moyen de picéine. Ces fenêtres sont étanches aux gaz, sauf à la vapeur d'eau, ce qui entraînait une usure rapide du filament cathodique. Un léger vernissage ($0^{mm},005$) a prévenu cet inconvénient. Le montage de la membrane est très aisé et un tube est demeuré parfaitement étanche depuis plus d'un mois en assurant presque quotidiennement un service très satisfaisant.

L'appareil est évacué par une pompe à condensation à deux étages, en verre pyrex, refroidie en série avec l'anode et faisant corps avec la tubulure cathodique. Il est directement alimenté sous 3000 volts par un transformateur à courant alternatif. La vapeur de mercure y est admise afin d'accroître le débit qui peut atteindre une centaine de milliampères. Cette intensité sera accrue par l'emploi d'un générateur à tension continue et constante.

Le rayonnement a été étudié en disposant sur le tube un électromètre de Szilard (¹) muni de sa chambre d'ionisation contiguë à air. Il est appréciable à partir de 1000 volts (12 Å) mais il ne débute réellement — et d'une manière très brusque, que vers 1500 volts, tension correspondant au potentiel critique K de l'aluminium. La courbe V, log I est d'abord rectiligne, puis tend vers une limite pour 3 KV, valeur optima de régime égale au double de la tension critique. Sous cette tension, le rayonnement est 2000 fois plus intense qu'à 1,5 KV. Il a été analysé par la méthode d'absorption dans l'air et la cellophane. Son homogénéité est prouvée par la rectitude des courbes logarithmiques d'absorption. Son intensité est sensiblement réduite à la moitié de sa valeur initiale par une épaisseur d'un centimètre d'air ou de

(¹) *Comptes rendus*, 157, 1923, p. 768.

$0^{mm},02$ de cellophane. Les coefficients massiques d'absorption de ces deux milieux sont égaux à 520 et 210. La différence semble due à l'azote de l'air et au carbone de la cellophane. La fenêtre transparente a donc une transmission voisine de 50 pour 100 pour le rayonnement utile et il ne paraît pas nécessaire d'utiliser des fenêtres plus transparentes transmettant des rayonnements plus mous dont l'utilisation dermatologique deviendrait impraticable.

Les rayons K de l'aluminium (8 Å) sont pratiquement totalement absorbés par $0^{mm},1$ de cellophane ou d'épiderme. Un très faible rayonnement restant (5 pour 100) subsiste encore, dû au spectre continu accompagnateur, dont le coefficient d'absorption limite, voisin de 50, est en accord avec les mesures de Miller [1]. L'excitation des rayons K de l'aluminium est donc tout à fait comparable à celle des rayons K du carbone (45 Å) précédemment observée [2] sous des tensions dix fois moindres et le rayonnement obtenu est encore quasimonochromatique.

La mesure du courant d'ionisation i produit dans une tranche de CO^2 de volume V connu (mesuré radiographiquement, en tenant compte des transmissions des toiles métalliques) permet la mesure absolue en ergs, de l'énergie W absorbée (absorption fictive) dans l'unité de volume de *tissus*, connaissant le potentiel d'ionisation de CO^2 pour les électrons. Elle permettra de comparer l'action biologique des rayons K de l'aluminium à celle de l'ultraviolet et des rayons X pénétrants.

La luminescence du platinocyanure de baryum, de la willémite et de divers sulfures de zinc a été observée au travers d'un écran de magnésium déposé sur celluloïd. Elle est très rapidement croissante dans l'ordre énuméré. La production d'ozone, quoique faible, paraît appréciable.

Le nouveau tube réalise une source pure et intense de rayons X de grande longueur d'onde, dont la pénétration dans l'épiderme est comparable à celle des rayons ultraviolets, avec un quantum 300 fois plus grand et qui apparaissent déjà comme un agent thérapeutique à la fois inoffensif et puissant.

---

(1) *Phys. Rev.*, 8, 1916, p. 329.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 575, et *Journ. de Phys.*, 7, 1926, p. 369; 8, 1927, p. 1.

PHOTOCHIMIE. — *Essai d'interprétation des phénomènes d'inversion et de solarisation photographiques.* Note de M. **Henri Belliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Admettons qu'une plaque photographique soit constituée par des grains sensibles répartis dans un support inerte, la lumière, rencontrant un de ces grains, « active » certaines molécules à partir desquelles un révélateur pourra réduire la totalité du grain. Sans faire *a priori* aucune hypothèse sur la nature de la modification qui distingue des autres les molécules activées, on peut rechercher un modèle de leur processus de formation qui tienne compte du plus grand nombre possible de phénomènes photographiques et en particulier de l'inversion et de la solarisation.

L'analogie évidente de l'inversion avec les propriétés du sulfure de zinc dont la phosphorescence est avivée et abrégée par une élévation de température ou les radiations rouges et infrarouges, a conduit M. Jean Perrin [1] à proposer pour les deux groupes de phénomènes un modèle commun. Supposons qu'une molécule A du corps phosphorescent possède, dans un rayonnement de fréquence ν, une certaine vie moyenne au bout de laquelle elle absorbe un quantum $Q = h\nu$. Elle prend alors un état instable B, qu'elle conserve pendant un temps très court, au bout duquel elle retombe dans un état C, correspondant à un niveau d'énergie intermédiaire entre ceux des états A et B. Le passage à l'état C doit alors être accompagné d'une perte d'énergie Q'. Si cette énergie est libérée sous forme de lumière sa fréquence ν' sera telle que $h\nu' = Q'$. La transformation complète pourra donc être représentée par l'équation photochimique

$$A + h\nu \rightarrow B \rightarrow C + h\nu'.$$

Si l'on peut faire décrire le chemin inverse à la molécule considérée, en lui faisant absorber un quantum Q', elle libérera la quantité d'énergie Q, et si cette énergie est émise sous forme de lumière, c'est-à-dire s'il y a phosphorescence, cette lumière aura la fréquence ν de la lumière excitatrice. Le quantum Q' pourra soit être fourni sous forme de lumière (action des radiations rouges et infrarouges), soit être puisé dans le rayonnement isotherme à la température de l'expérience (action d'une élévation de température).

---

[1] Jean Perrin, *Lumière et réactions chimiques* (*Deuxième Conseil de Chimie de l'Institut international Solvay*, 1926, p. 387).

Cette théorie s'étend à la photographie si l'on admet que les molécules activées qui constituent l'image latente sont des molécules à l'état C. Elle rend immédiatement compte de l'inversion, qu'elle soit produite par les radiations infrarouges ou par la chaleur. Elle permet de comprendre que les molécules activées, correspondant à un niveau d'énergie plus élevé que les molécules ordinaires, soient plus aptes qu'elles à entrer en réaction avec un révélateur et amorcer le développement.

Pour faire entrer la solarisation dans ce cadre, nous admettons que les molécules activées ont, dans un rayonnement de fréquence convenable ν_1, une certaine vie moyenne au bout de laquelle elles sont réduites à l'état d'argent métallique. Il y a noircissement par action directe de la lumière, mais la molécule dissociée ne peut plus servir de germe au développement de tout grain, si bien que, malgré le noircissement direct, la densité finale de la plaque développée est d'autant moindre que l'action de la radiation de fréquence ν_1 aura été plus intense ou plus prolongée.

Les radiations lumineuses pourraient donc intervenir de trois manières dans les phénomènes photographiques : pour activer, inverser ou solariser. Dans le raisonnement qui précède, on a considéré ces trois sortes de radiations comme ayant des fréquences bien déterminées, mais nous savons qu'une gamme étendue de radiations peut déterminer les trois effets, avec toutefois un maximum pour chacun d'eux. Les fréquences ν, ν' et ν_1 seraient donc celles des maxima d'activation, inversion et solarisation. Comme ces trois fréquences sont assez voisines et se rangent dans l'ordre $\nu' \nu \nu_1$, une radiation qui n'en diffère pas trop sera capable de produire simultanément ou successivement des modifications différentes.

Ainsi une radiation dont la fréquence est voisine de ν et de ν_1 pourra activer des molécules ordinaires, puis solariser des molécules activées. Le nombre des molécules activées commencera par croître, puis diminuera. La solarisation traduirait donc le fait qu'à partir d'un certain moment la lumière détruit plus de centres de développement qu'elle n'en crée; mais les deux phénomènes se produisent dès que la lumière commence à agir sur la plaque.

De même, une radiation dont la fréquence est voisine de ν et de ν' pourra activer des molécules ordinaires et inverser des molécules activées, ce qui explique pourquoi la lumière infrarouge peut à la fois impressionner une plaque vierge et inverser une plaque voilée. Il est vraisemblable que ces deux effets antagonistes tendent vers un état d'équilibre qui dépend de la longueur d'onde et qui correspond à une densité finale

d'autant plus faible qu'on se déplace davantage vers les grandes longueurs d'onde.

Au contraire, les fréquences ν' et ν_1 étant plus différentes l'une de l'autre, les radiations rouges sont peu ou pas capables de solariser. Ceci explique d'abord que, si les densités maxima obtenues avec ces radiations sont atteintes après une exposition considérable, elles soient très élevées, et aussi que ces densités maxima soient notablement plus élevées sur une plaque vierge que sur une plaque voilée, en lumière blanche, avant ou après l'exposition. On comprend aussi qu'une plaque partiellement inversée ait une sensibilité moindre qu'avant l'inversion : si la lumière qui a produit l'impression préalable a créé des molécules activées, elle en a détruit par solarisation et, seules, celles qui ont subsisté ont pu être régénérées. Enfin, ces radiations pourront créer de nouvelles molécules actives sans solariser celles qui existent, et par suite impressionner une plaque solarisée.

Ainsi se trouvent interprétées toutes les expériences décrites dans plusieurs précédentes Communications [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Deux états liquides différents de l'hélium.* Note de MM. **W.-H. Keesom** et **M. Wolfke**, présentée par M. Villard.

1. Dans une série de mesures de la constante diélectrique de l'hélium liquide, nous avons observé qu'en abaissant la température, cette constante subit, à un point déterminé, un changement brusque, ou du moins très rapide. Sa température coïncide sensiblement avec celle du maximum de densité trouvé par Kamerlingh Onnes. Or nous savons qu'à cette température, l'hélium liquide se transforme en une autre phase, également liquide. Si donc nous appelons *hélium liquide I* celui qui est stable aux températures les plus hautes, et *hélium liquide II* celui qui est stable aux températures les plus basses, la constante diélectrique de l'hélium liquide I serait plus élevée que celle de l'hélium liquide II.

Ayant répété plus tard ces mesures, les résultats ne furent pas aussi nets, les circonstances de l'expérience étant moins précises.

2. Entre temps notre attention avait été attirée par les faits suivants :

a. Les résultats des mesures de densité faites sur l'hélium liquide par

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1609; **183**, 1926, p. 203 et 1279.

MM. Kamerlingh Onnes et Boks (¹) s'accordent aussi bien, sinon mieux, avec l'hypothèse d'un changement brusque, à une pression de l'hélium de 38^{mm} de mercure, qu'avec celle d'un maximum continu. La différence des densités serait 1 pour 1000, celle de l'hélium liquide I étant supérieure à celle de l'hélium liquide II.

b. Indépendamment des mesures de la chaleur spécifique de l'hélium liquide publiées par MM. Dana et Kamerlingh Onnes (²), ces auteurs ont encore fait des expériences à des températures plus basses. Trois de ces expériences donnent le moyen de calculer la chaleur de transformation de l'hélium liquide II en hélium liquide I. Le résultat est que cette transformation donne lieu à une absorption de $0^{Cal},13$ par gramme.

c. Les résultats des mesures de la chaleur de vaporisation de l'hélium par MM. Dana et Kamerlingh Onnes (³) suggèrent l'idée que cette grandeur subit un changement brusque qui correspond pour l'ordre de grandeur à la valeur de la chaleur de transformation trouvée en *b*.

d. Les mesures de la tension superficielle faites par MM. Van Urk Keesom et Kamerlingh Onnes (⁴) montrent également un saut brusque de cette grandeur, la tension superficielle de l'hélium liquide I surpassant celle de l'hélium liquide II d'environ 3 pour 100. La pression de l'hélium est comprise entre 33^{mm} et 39^{mm} de mercure.

3. Tandis que la répétition des mesures de la constante diélectrique dans des circonstances plus favorables a dû être différée, nous avons fait quelques observations sur l'hélium liquide en faisant descendre ou monter régulièrement la température de ce liquide. En observant la pression de vapeur de l'hélium nous avons vu, à température ascendante ou descendante, le manomètre s'arrêter un court instant lorsque la pression était comprise entre 33^{mm} et 39^{mm} de mercure. Un fil de constantan, qui se trouvait dans le bain d'hélium liquide, à côté d'un agitateur, a permis d'enregistrer par voie photographique la résistance en fonction du temps. Nous avons pu prendre un jour quatre courbes de refroidissement et trois courbes

---

(¹) H. Kamerlingh Onnes et J. D. A. Boks, *Further Experiments with liquid Helium* (*Comm. Leiden*, n° 170 *b*, 1924, p. 1).

(²) L. I. Dana et H. Kamerlingh Onnes, *Further Experiments with liquid Helium* (*Comm. Leiden*, n° 179 *d*, 1926, p. 35).

(³) L. I. Dana et H. Kamerlingh Onnes, *Further Experiments with liquid Helium* (*Comm. Leiden*, n° 179 *c*, 1926, p. 21).

(⁴) Th. van Urk, W. H. Keesom et H. Kamerlingh Onnes, *Measurements of the surface tension of liquid Helium* (*Comm. Leiden*, n° 179 *a*, 1925, p. 1).

de chauffe. Sur chacune de ces courbes on reconnaît le point où la transformation s'est effectuée.

4. De tout ce qui précède nous pensons pouvoir conclure qu'il existe deux états différents de l'hélium liquide, qui passe de l'un à l'autre sous une pression de vapeur saturante d'environ 38^{mm} de mercure. De ces deux états, l'hélium liquide II possède la densité la plus faible, la chaleur de vaporisation la plus grande, la tension superficielle la plus petite.

La transformation de l'hélium liquide II en hélium liquide I est accompagnée d'une absorption de chaleur.

Nous fixons provisoirement la température de transformation à 2°,3 K.

Il est remarquable que la température réduite du point triple : hélium liquide II — hélium liquide I — vapeur est du même ordre de grandeur que celle du point triple solide-liquide-vapeur pour la plupart des autres corps.

Nous poursuivons nos recherches sur différents points, en particulier sur la relation entre la température et la pression de vapeur saturante de l'hélium au voisinage de la température de transformation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés du nickel électrolytique.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Un procédé d'électrolyse me permet de transformer, en une seule opération, un métal contenant jusqu'à 10 pour 100 d'impuretés en nickel presque chimiquement pur, ce qui n'est plus une simple curiosité de laboratoire. Aujourd'hui j'étudierai ses propriétés et les comparerai avec celles du nickel électrolytique d'origine étrangère.

Suivant son mode de préparation, le nickel électrolytique diffère par la forme, la composition chimique, la dureté, la densité et par la façon dont il se comporte au recuit.

Le nickel étranger est toujours obtenu sous forme de plaques plus ou moins couvertes de champignons et d'une épaisseur dépassant rarement 5^{mm}. Je le désignerai, dans la suite, par les lettres A, B, C, D, E suivant le pays d'origine de ce métal. D et E sont des plaques constituées uniquement par des champignons et par cela même leurs propriétés sont malaisées à étudier.

Le nickel français désigné par trois lettres, S, L, N, se présente au contraire sous forme de baguettes rondes de 60^{cm} de long et de 15^{mm}-25^{mm} de diamètre, forme qui présente de nombreux avantages sur celle des plaques.

La composition chimique des échantillons qui ont servi à mes expériences est donnée, dans le tableau ci-après. On y verra que lorsqu'il s'agit du nickel, l'épithète « électrolytique » n'est pas nécessairement synonyme de « pur ».

Suivant le procédé d'électrolyse employé, la dureté du nickel varie du simple au triple (bille 10^{mm}, pression 3000^{kg}) mais reste constante pour une fabrication donnée. Au contraire les résultats des autres essais mécaniques, traction, choc, etc., varient dans de très larges limites même entre les éprouvettes provenant d'une même fabrication; S, L, N qui, par sa forme se prête particulièrement à l'essai de traction, a des charges de rupture allant de 36 à 80^{kg} par millimètre carré. Il se rompt comme du verre sans allongement ni striction appréciables.

La densité du nickel pur n'est pas connue avec certitude. Cependant on trouve dans le *Recueil des Constantes physiques* le chiffre de 8,68 comme densité du métal forgé. La densité apparente du nickel électrolytique, tout comme la dureté, varient suivant le procédé de préparation et peut dépasser sensiblement le chiffre indiqué ci-dessus. Il semble que ces variations proviennent non seulement de l'adhérence plus ou moins parfaite des couches de dépôt électrolytique entre elles, mais aussi du degré de porosité de ces couches.

Le recuit du nickel électrolytique donne lieu à des phénomènes fort intéressants, particulièrement observables sur S, L, N.

D'après les expériences de M. Roux, ce métal contient 11 volumes de gaz dont trois quarts se composent d'hydrogène. Le dégagement de ces gaz commence à partir de 340°, soit 20° au-dessous du point de Curie, et finit vers 900°.

En suivant l'action du recuit avec le dilatomètre Chevenard, on constate tout d'abord une dilatation normale jusqu'à 450°-550°, puis un brusque gonflement. Par un recuit de 30 minutes à 800°, S, L, N subit un allongement permanent de 8 pour 100, ce qui devrait correspondre à un gonflement de 25 pour 100 environ. En réalité, le gonflement est plus faible car la densité apparente n'a diminué dans cette expérience que de 21 pour 100. Comme il fallait s'y attendre, cette forte diminution de la densité apparente a provoqué une augmentation considérable de la vitesse de dissolution du métal dans les acides, soit près de 30 fois.

La viscosité de S, L, N subit un changement radical au cours du recuit. On s'en rend compte par ce fait qu'une éprouvette de 30^{mm} de long et de 6^{mm^2} de section se déforme à 700° sous la pression du ressort du dilatomètre, soit sous un effort de quelques 30^{g} par millimètre carré. C'est un chiffre

100 fois plus faible que celui trouvé par M. Cournot, comme limite de viscosité à la même température, pour les fils de nickel.

Après un recuit au-dessus de 550°, les propriétés mécaniques de S, L, N changent beaucoup. Ainsi la dureté et la charge de rupture diminuent 5 fois.

Le métal B subit une transformation analogue mais moins accentuée. Les métaux A et C, qui sont beaucoup moins durs, perdent leurs gaz sans présenter aucune anomalie au dilatomètre.

Chose curieuse, la vitesse de dissolution dans les acides dilués (HCl, SO^4H^2, AzO^3H, de concentrations diverses, à froid et à 70°) ainsi que l'altérabilité à l'air font ranger les diverses espèces de nickel dans l'ordre de leurs densités apparentes; le métal le plus lourd étant le moins attaquable. Dans le tableau ci-dessous, j'exprime par des coefficients les vitesses de dissolution dans HCl à 20 pour 100, au volume, à 70°; la vitesse de dissolution du métal A étant prise pour unité.

Désignation du métal.	Composition centésimale						Du-reté.	Den-sité.	Vitesse de dissolution.
	Ni + Co.	Cu.	Fe.	C.	S.	non dosés.			
S, L, N.....	99,96	0,01	0,009	0,013	0,001	0,007	350	8,85	1,2
S, L, N recuit.	»	»	»	»	»	»	80	6,95	39,5
A..........	99,89	0,017	0,06	–	0,005	0,028	188	8,92	1,0
B..........	97,72	0,37	1,67	0,03	0,02	0,21	250	8,61	6,7
C..........	98,95	0,01	0,21	0,01	0,02	0,10	104	8,45	20,2
D..........	99,20	0	0,46	0,20	0,045	0	–	–	–
E..........	97,78	0,13	1,36	–	–	0,63	–	–	–
Nickel fondu.	98,80	0,06	0,60	0,09	0,007	0,38	–	–	7,5

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur les gaz de cracking utilisés dans l'éclairage et le balisage des côtes.* Note de M. **René Delaplace**, présentée par M. J. Perrin.

Les services des Phares utilisent pour l'éclairage des bouées et des feux à supports fixes des gaz éclairants produits par la dissociation à chaud d'une huile minérale (gaz-oil ou huile de schiste). Ces gaz, de par leur composition et leur mode de fabrication forment trois groupes :

1° Le gaz d'huile français (ancien et nouveau);

2° Le gaz hollandais;

3° Le gaz allemand.

Dans tous ces gaz, sauf pour le gaz d'huile ancien, on a cherché à éliminer l'hydrogène, gaz nuisible, parce qu'il est difficile à comprimer et qu'il a un pouvoir calorifique très faible si l'on rapporte celui-ci au mètre cube. L'élimination de l'hydrogène est obtenue soit par liquéfaction et rectification du gaz brut (gaz hollandais et allemand), soit par réaction sur les éléments du gaz brut pour donner des carbures saturés (nouveau gaz d'huile français).

Pour faciliter cette élimination de l'hydrogène on a cherché dans les gaz hollandais et allemands à produire un gaz brut qui en contienne peu; ce résultat s'obtient en traitant l'huile à dissocier à une température basse (500° ou 600°); mais si la teneur en l'hydrogène, diminue le rendement en litres de gaz par litre d'huile dissociée devient mauvais, et fait plus grave, la proportion des carbures éthyléniques supérieurs augmente (ceux-ci s'éliminent en partie au moment de la compression pour donner un liquide incolore ou jaunâtre dangereux à manipuler à cause de sa grande inflammabilité).

Après la liquéfaction du gaz (par compression et détente brusque) et sa rectification on obtient deux gaz, l'un qui est liquéfié et conservé dans des bouteilles d'acier, l'autre dit permanent, considéré comme gaz d'huile ordinaire et comprimé à basse pression dans les réservoirs des baliseurs. La liquéfaction et la rectification de ces gaz ne sont pas aussi complètes qu'on pourrait le désirer et cela tient essentiellement à leur composition chimique complexe.

L'examen du tableau suivant permet de constater que, dans le cas du gaz hollandais en particulier, la rectification n'est pas bonne : on constate en effet l'élimination d'une partie du méthane, de l'hydrogène et de l'éthylène et l'accroissement de la teneur du gaz en propylène et homologues [1].

---

[1] Analyse effectuée suivant la méthode de P. Lebeau et Damiens (*Ann. Chim.*, 9e série, 8, 1917, p. 221).

Constituants %.	Gaz allemand brut.	Gaz allemand liquéfié.	Gaz allemand résiduaire après rectification.	Gaz hollandais brut.	Gaz hollandais liquéfié.	Gaz hollandais résiduaire après rectification.	Gaz français Honfleur.	Gaz français Dunkerque.	Gaz français Nouveau.
Méthane	–	19,20	65,70	37,70	30	44,10	18,20	7,70	51,87
Éthane et homologues	–	37,10	2,45	16,40	19	12,40	14,66	1,10	17,61
Éthylène	–	28,80	2,90	16,40	7,20	9,30	11,63	19,20	10,15
Propylène et homol.	–	12,60	1,47	21,10	37,60	12,40	8,97	11,30	7,76
Acétylène et homol.	–	–	–	0,50	1,30	0,40	0,61	traces	11,30
Hydrogène	–	0,60	27,45	7,30	3,80	21	45,08	54,7	1,28
Azote	–	traces	1,28	0,50	0,60	1,10	2,82	traces	–
Oxygène	–	–	–	–	0,30	–	–	–	–
CO^2 et gaz acides	–	–	–	–	0,20	–	–	–	–
Oxyde de carbone	–	–	–	–	–	–	–	–	–
H^2S et thiophènes	–	–	–	traces	traces	traces	traces	traces	–

Le gaz résiduaire hollandais renferme 56,50 pour 100 de carbures saturés et ses 21,70 pour 100 de carbures éthyléniques, bien qu'il contienne 21 pour 100 d'hydrogène.

La rectification subie par le gaz allemand est de beaucoup meilleure ainsi que l'indique le tableau d'analyse. Mais cet avantage est compensé par le fait que le volume de gaz utilisable, produit par litre d'huile dissociée diminue avec la précision de la rectification ([1]).

Le gaz d'huile français (ancienne méthode de fabrication) est caractérisé par sa grande richesse en hydrogène et sa faible teneur en méthane, ce qui explique la faiblesse relative de son pouvoir éclairant (il y a lieu de remarquer cependant que le rendement gazeux par litre d'huile dissociée est de beaucoup supérieur à ceux des gaz allemands et hollandais).

Le nouveau gaz d'huile français d'un pouvoir calorifique plus élevé est de fabrication aussi simple que l'ancien, mais il présente alors les avantages des gaz allemands et hollandais, c'est-à-dire grand pouvoir éclairant et grande

---

([1]) Il ne faudrait pas croire que le changement radical de composition des gaz hollandais et allemand influât considérablement sur leur rendement lumineux. Il résulte d'expériences effectuées au Laboratoire du Dépôt des Phares de Hollande que, dans des conditions de fonctionnement identiques, un bec à incandescence renversé avec manchon de 22^{mm} de diamètre, placé dans une tête de bouée garnie d'une lentille de 200^{mm} de diamètre, a donné les résultats suivants pour l'intensité moyenne du faisceau émanant de la lentille à échelons :

Gaz allemand	303	bougies Hefner
Gaz hollandais	287	» »

stabilité, même facilité de compression. L'ancien gaz d'huile ne peut en effet être facilement comprimé au delà de 13^{kg} par centimètre carré parce que la compression élimine une grande partie des carbures éthyléniques supérieurs. Elle ne peut d'ailleur s'effectuer que dans des réservoirs spéciaux placés à bord des navires baliseurs. Dans le ravitaillement des feux difficilement accessibles, il est au contraire nécessaire de pouvoir transporter un grand volume de gaz sous un petit volume extérieur, et le facteur poids d'acier nécessaire par mètre cube transporté est très important.

Ce facteur est le suivant pour les gaz considérés :

	Acier par mètre cube. kg
Gaz allemand liquéfié sous 80^{kg} par centimètre carré.........	6,600
Gaz français gazeux sous 150^{kg} par centimètre carré..........	6,800
Gaz hollandais liquéfié sous 125^{kg} par centimètre carré.......	7,600

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle propriété additive des liquides.* Note de M. **I.-N. Longinescu**, présentée par M. Jean Perrin.

La pression interne de fluides est exprimée dans l'équation de Van der Waals par le terme $\frac{a}{V^2}$. Divers auteurs ont essayé de donner une certaine interprétation à la constante a. C'est ainsi que Van Laar admet $a = Cm^2$, m étant la masse attractive. Il en résulte immédiatement que $a^{\frac{1}{2}}$ est une propriété additive.

Mais, en considérant les dimensions de la constante a, on voit qu'elles sont

$$a = \text{const. } P_c V_c^2 = M^2 L^5 T^{-2} = CM^2 L^2,$$

C étant la constante de gravitation universelle. Donc a n'est pas seulement $a = Cm^2$, mais $a = Cm^2 V^{\frac{2}{3}}$.

1. Nous croyons que la formule

$$(1) \qquad a_c^{\frac{1}{2}} V_c^{\frac{1}{6}} = \text{const. } T_c^{\frac{1}{2}} V_c^{\frac{2}{3}} = c_1 + c_2 + \ldots$$

est plus acceptable, sous divers points de vue, que la règle d'additivité de $a^{\frac{1}{2}}$. c_1, c_2... sont des constantes caractéristiques pour chaque atome différent. H a la valeur 60 dans ses composés et 45 dans sa molécule, C a les valeurs 50, 100 (50 × 2), 150 (50 × 3) qui correspondent aux liaisons simples, doubles, triples, O a les valeurs 110 dans ses composés, 220 (110 × 2) dans l'oxhydrile et une valeur intermédiaire dans les éthers,

N la valeur 110 dans ses différents composés et 165 $\left(110 \times \frac{3}{2}\right)$ dans le groupe NH, etc. Il n'y a pas de constantes qui soient annulées par les atomes environnants comme chez Van Laar :

Substance.	$T_c^{\frac{1}{2}} V_c^{\frac{2}{3}}$ Exp.	Th.	Substance.	$T_c^{\frac{1}{2}} V_c^{\frac{2}{3}}$ Exp.	Th.
H^2	90	90	$(C^2H^5)^2O$	925	910
O^2	220	220	C^2H^5OH	690	680
H^2O	370	370	CH^3COOH	747	720
C^8H^{18}	1480	1480	$HCOOCH^3$	675	665

On a pu vérifier la formule (1) dans environ 40 exemples (pour la grande majorité des liquides on ne connaît pas le volume critique).

2. La formule (1) est vérifiée même pour les liquides associés. Les constantes atomiques étant en liaison avec leur masse d'attraction, il paraît ainsi qu'il existe une certaine relation entre l'association moléculaire et l'accroissement de la masse d'attraction (O dans OH, N dans NH), ce qui paraît logique d'ailleurs.

3. Le terme $a_c^{\frac{1}{2}} V_c^{\frac{1}{6}}$ peut s'écrire $\left[a_c V_c^{\frac{1}{3}}\right]^{\frac{1}{2}}$. Les dimensions sont

$$\left[a_c V_c^{\frac{1}{3}}\right]^{\frac{1}{2}} = [CM^2 L^3]^{\frac{1}{2}}.$$

4. Van Laar a trouvé $\frac{a}{a_c} = \sqrt[3]{\frac{d}{d_c}}$, d'où l'on tire $a_c V_c^{\frac{1}{3}} = \text{const.}$ pour une substance donnée. Dans ce cas on a encore

$$CM^2 V = \text{const.}$$

5. Par des transformations successives on peut mettre la formule (1) sous la forme

$$\frac{T_c}{d_c \sqrt{n}} = \frac{[c_1 + c_2 + \ldots]^2}{M V_c^{\frac{1}{3}} n^{\frac{1}{2}}}. \tag{2}$$

Pour des liquides organiques non associés on peut admettre $c_1 = c_2 = 60$ et $\frac{MV^{\frac{1}{3}}}{n^{\frac{2}{3}}} = \text{Ca}.8$ de sorte qu'on a finalement

$$\frac{T_c}{d_c \sqrt{n}} = 450,$$

qui est la relation de G. G. Longinescu au point critique.

C'est pour la première fois que cette formule si féconde en applications

a été obtenue théoriquement. La formule (2) représenterait la formule de G. G. Longinescu généralisée.

6. D'une manière analogue on peut déduire la formule de Walden

$$\frac{T}{\sqrt{M}} = 37.$$

La formule

$$(3)\qquad \frac{T_c}{\sqrt{M}} = \frac{[c_1 + c_2 + \ldots]^2}{V_c^{\frac{4}{3}} M^{\frac{1}{2}}}.$$

représente la formule de Walden généralisée.

7. En partant de (1), on a pour les liquides organiques

$$(4)\qquad \frac{1000\,D}{M} = \frac{\text{const.}\,T_c^{\frac{3}{4}}}{[c_1 + c_2 + \ldots]^{\frac{3}{2}}} = \frac{\text{const.}\,T_c^{\frac{3}{4}}}{n^{\frac{3}{2}}}.$$

Dans un travail récent, G. G. Longinescu et Mlle Chaborski appellent le terme $\frac{1000\,D}{M} \times \frac{1}{10} = \frac{C}{10}$, degré d'entassement moléculaire. On voit qu'il est proportionnel à la température critique et inverse proportionnel aux nombres des atomes dans la molécule. C'est ainsi que CH^3OH a un degré d'entassement plus grand et un nombre des atomes dans la molécule plus petit que C^2H^5OH.

8. Si l'on tient compte des $P_c V_c = RT_c$, (1) donne pour les liquides organiques

$$(5)\qquad T_c = \text{const.}\,V_c^{\frac{2}{3}}, \qquad P_c V_c^{\frac{1}{3}} = \text{const.}, \qquad T_c P_c^2 = \text{const.},$$

formules qui se vérifient qualitativement pour les corps d'une même série organique.

9. La formule (1) donne encore

$$(6)\qquad T_c = \frac{1}{V_c^{\frac{1}{3}}} \left[t_{c_1}^{\frac{1}{2}} V_{c_1}^{\frac{2}{3}} + t_{c_2}^{\frac{1}{2}} V_{c_2}^{\frac{2}{3}} + \ldots \right]^2,$$

c'est-à-dire qu'on peut calculer la température critique d'un composé, connaissant les données critiques des composants.

CHIMIE. — *Étude des systèmes : nitrate d'uranyle, nitrate alcalin, eau à 25°.* Note de M. **A. Colani**, présentée par M. G. Urbain.

L'existence des nitrates doubles d'uranyle et des métaux alcalins a été signalée par Mendelejeff [1]; elle a fait depuis l'objet de recherches de Rimbach [2], de Meyer et Wendel [3] et de Bürger [4]. Ces auteurs ont en général préparé ces nitrates doubles (nitrates doubles d'uranyle et de potassium, ou d'ammonium, de rubidium, de cæsium, de thallium) par cristallisation de la dissolution, soit du diuranate correspondant dans l'acide nitrique, soit d'un mélange équimoléculaire des deux nitrates simples dans l'eau ou dans l'acide nitrique. Il faut opérer en présence d'un grand excès d'acide nitrique, ces sels doubles étant décomposés par l'eau à froid, ou bien faire cristalliser ces sels dans l'eau au-dessus de 80°, ces corps étant stables dans l'eau au-dessus de cette température. Ils cristallisent anhydre et répondent à la formule $R^{I}UO^{2}(NO^{3})^{3}$. Actuellement, on les considère parfois comme des uranyles-nitrates complexes. On n'a pu obtenir de sels doubles avec le sodium et avec le lithium.

J'ai repris la question en examinant les équilibres se formant dans l'eau à 25° entre le nitrate d'uranyle et un nitrate alcalin.

Système : nitrate d'uranyle, nitrate de sodium, eau à 25°. — On n'observe que deux phases solides : $UO^{2}(NO^{3})^{2}$, $6H^{2}O$ et $NaNO^{3}$. La branche de courbe correspondant à la phase solide nitrate d'uranyle est sensiblement une droite; celle correspondant à la phase solide nitrate de sodium est légèrement convexe vers l'origine. Au point d'intersection des deux courbes, on trouve pour 100^{g} de liqueur : $UO^{2}(NO^{3})^{2} = 44^{g},2$, — $NaNO^{3} = 16^{g},2$. D'après ceci, on voit qu'il est impossible d'obtenir à froid, en liqueur aqueuse, un nitrate double d'uranyle et de sodium.

Système : nitrate d'uranyle, nitrate de potassium, eau, à 25°. — On n'observe ici que deux phases solides : $UO^{2}(NO^{3})^{2}$, $6H^{2}O$ et KNO^{3}. Les deux branches de courbes correspondantes sont toutes deux convexes vers l'origine, la première très faiblement, la seconde fortement. A leur intersection 100^{g} de liqueur contiennent : $UO^{2}(NO^{3})^{2} = 53,8$, — $KNO^{3} = 10^{g},4$.

---

(1) Mendelejeff, *Ann. der. chem. und. Pharm.*, 168, 1873, p. 61.

(2) Rimbach, *Ber. Deutsch. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 471-477.

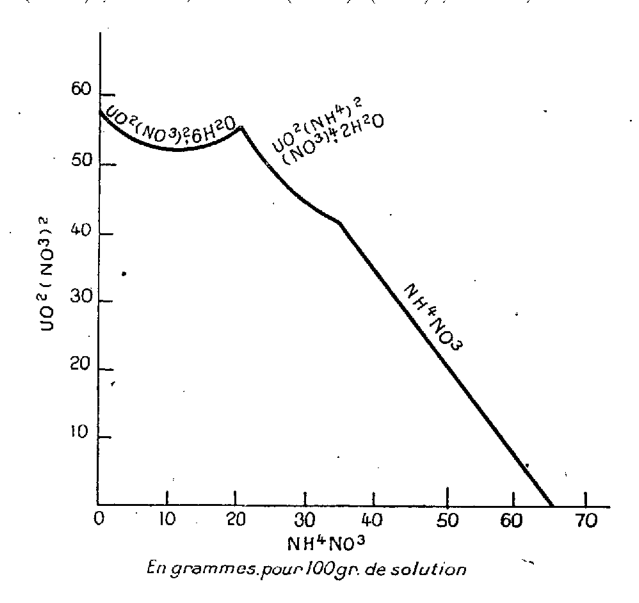
(3) Meyer et Wendel, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 36, 1903, p. 4055-4058.

(4) Bürger, *Inaug. Dissert.* Bonn, 1904, p. 34-44.

Rimbach et Bürger ont indiqué que l'on pouvait obtenir à froid le nitrate double de potassium au sein d'une solution aqueuse saturée par les produits de décomposition par l'eau de ce nitrate double. Ceci semble impossible, d'après ce qui précède.

Système : nitrate d'uranyle, nitrate d'ammonium, eau à 25°. — On observe dans l'étude de ce système trois phases solides :

$$UO^2(NO^3)^2, 6H^2O, — UO^2(NH^4)^2(NO^3)^4, 2H^2O, — NH^4NO^3.$$



En grammes pour 100 gr. de solution

Le sel double $UO^2(NH^4)^2(NO^3)^4$, $2H^2O$ ne semble pas avoir été préparé jusqu'ici. Très bien cristallisé, il est lentement déliquescent, il est décomposable par l'eau.

Je me suis assuré qu'en faisant cristalliser à froid dans l'acide nitrique ($D = 1,33$) un mélange équimoléculaire de nitrate d'uranyle et de nitrate d'ammonium, on obtient bien le sel double anhydre UO^2, NH^4, $(NO^3)^3$, sel très facilement décomposable par l'eau à froid. Il me semble bien difficile de considérer ces nitrates doubles, décomposables par l'eau à froid, comme ayant un caractère complexe quelconque à la température ordinaire. En tout cas, j'ai montré (¹) que le nitrate d'uranyle, en présence d'acide nitrique concentré, donne, à 25°, comme phase solide le dihydrate et non un nitrate acide que l'on aurait pu considérer comme un acide uranyle nitrique complexe.

(¹) Colani, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 39, 1926, p. 1243-1245.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de l'oxydation des pyrazolines.* Note de MM. **R. Locquin** et **R. Heilmann**, présentée par M. Moureu.

Nous avons précédemment relaté (1) que les oxydants doux décomposent les pyrazolines, avec formation d'eau et dégagement d'azote, en donnant, à côté de *produits basiques* bouillant à température relativement élevée, un mélange de cétones non saturée et saturée, de même condensation en carbone que la pyrazoline initiale.

On peut globalement schématiser ainsi la production desdites cétones :

$$\begin{array}{llll} R-\overset{5}{CH}-\overset{4}{CH^2}-\overset{3}{C}-CH^3 & +2O & \rightarrow & H^2O+N^2+R-CH=CH-CO-CH^3\ (A) \\ \quad | \qquad\qquad\quad \| & & & \\ \quad \underset{1}{HN}-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\underset{2}{N} & \text{ou} \ +O^{\cdot} & \rightarrow & N^2+R-CH^2-CH^2-CO-CH^3\ (B) \end{array}$$

mais il était présumable qu'en fait, le processus de la réaction est plus compliqué et nous avons cherché une explication du phénomène dans l'étude des produits basiques qui prennent simultanément naissance.

I. Or, quand par exemple on rectifie les portions supérieures basiques formées dans l'oxydation de la 3-*méthyl*-5-*isopropylpyrazoline* (dérivée de l'isobutylidène acétone), on recueille d'abord un peu de 3-*méthyl*-5-*isopropylpyrazol* ($Eb_{14^{mm}} = 124^o$-126°; P. F. = 58°-59°) dont la présence ne saurait surprendre, puis vient une fraction *a*, passant de 130° à 160°, avec palier vers 135°-145°, sous 14^{mm}, et une autre *b*, passant de 170° à 200°, sous la même pression.

La fraction *a* se dissout entièrement dans l'acide sulfurique à 20 pour 100 avec production de chaleur et précipitation immédiate d'une abondante quantité de sulfate d'hydrazine. Si l'on porte à l'ébullition la solution sulfurique, la vapeur d'eau entraîne un liquide mobile constitué par un mélange d'*isobutylidèneacétone* (caractérisée par sa retransformation en pyrazoline) et d'*isoheptanone* (caractérisée par sa semicarbazone, P. F. = 142°-143°).

Ces résultats permettent de considérer la fraction *a* comme constituée par un mélange de méthylisopropylpyrazol et de deux *cétazines* correspondant respectivement à l'isobutylédène acétone et à l'isoheptanone, manière de voir que confirme l'analyse centésimale de la portion 135-145° sous 14^{mm} (2), sa cryoscopie dans le benzène, la

(1) R. Locquin et R. Heilmann, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 120.

(2) Les analyses décèlent aussi une faible proportion d'oxygène (environ 3 pour 100), vraisemblablement attribuable à la présence d'un oxypyrazol que nous n'avons pu isoler, mais dont la formation est plausible si l'on s'en réfère aux constatations faites par Franke dans un cas presque analogue (cf. *Monat. f. Ch.*, **20**, 1899, p. 847).

mesure de sa réfraction moléculaire et enfin ce fait que la *cétazine de l'isoheptanone*, préparée spécialement par nous à titre de contrôle, bout à 134° sous 15^{mm}.

Quant à la fraction *b* ($Eb_{14^{mm}} = 170$ à 200°), elle possède sensiblement la même composition centésimale et le même poids moléculaire que la fraction précédente; elle émet une odeur rappelant celle des pyrazolines, s'altère sous l'influence de la chaleur et se colore peu à peu en brun sous l'action de l'air; elle se dissout pour la plus grande partie dans l'acide sulfurique à 20 pour 100, mais ne donne lieu, même à chaud, ni à un dépôt de sulfate d'hydrazine ni à la production de cétones; enfin sa solution, dans l'acide chlorhydrique à 50 pour 100, colore le bois de sapin en jaune intense.

Tous ces caractères sont ceux des pyrazolines en général et, bien que nous n'ayons pas d'indication plus concluante, nous nous croyons fondés à considérer la fraction *b* comme renfermant des pyrazolines de poids moléculaire élevé, provenant sans doute de l'isomérisation bien connue des azines existant dans la fraction *a*, déduction pleinement d'accord avec le point d'ébullition observé, car il est de règle que les pyrazolines bouillent de 10 à 30° plus haut que les azines dont elles peuvent dériver.

II. En rectifiant les produits basiques qui prennent naissance dans l'oxydation ménagée de la 3-méthyl-5-isobutylpyrazoline (dérivée de l'isoamylidène acétone), nous avons de même extrait d'abord du 3-*méthyl*-5-*isobutylpyrazol* ($Eb_{10^{mm}} = 131$-132°), puis un liquide ($Eb_{14^{mm}} = 145$-165°) constitué par de l'azine de l'isoamylidène acétone, mélangée de l'azine de l'isooctanone et enfin des fractions supérieures ($Eb_{14^{mm}} = 165$-200°) présentant les caractères généraux des pyrazolines.

A titre de contrôle, nous avons spécialement préparé la cétazine de l'isooctanone; elle bout effectivement à 153-154° sous 15^{mm}.

On aboutit donc là encore à des constatations tout à fait comparables à celles que nous avons faites dans le cas précédent.

Les produits basiques formés dans l'oxydation ménagée des pyrazolines renfermeraient donc :

1° *Du pyrazol* correspondant à la pyrazoline en jeu;

2° *Des azines* correspondant respectivement à la cétone éthylénique A et à la cétone saturée B;

3° Enfin des *composés pyrazoliniques* de même poids moléculaire que lesdites azines.

Étant donné, conformément à nos observations antérieures (*loc. cit.*), que les pyrazolines ne se décomposent, avec départ d'azote et d'eau, que lorsqu'elles ont préalablement fixé de l'oxygène, la formation des azines dont il est question ci-dessus peut, — sous toute réserve de l'exactitude de cette interprétation, — être représentée de la manière suivante :

$$2\left\{\begin{array}{l} R-CH-CH^2-C-CH^3 \\ \quad\ \ | \qquad\qquad\quad \| \\ \quad HN \text{———} N \end{array}\right. + 2O \rightarrow N^2 + 2H^2O + \begin{array}{c} R-CH=CH-C-CH^3 \\ \| \\ N^2 \\ \| \\ R-CH=CH-C-CH^3 \end{array}$$

l'eau naissante, réagissant à son tour, donnerait

$$2\left\{\begin{array}{l} R-CH-CH^2-C-CH^3 \\ H \quad | \qquad\qquad \| \\ OH \quad HN —————— N \end{array}\right. \rightarrow N^2+2H^2O+\begin{array}{c} R-CH^2-CH^2-C-CH^3 \\ \| \\ N^2 \\ \| \\ R-CH^2-CH^2-C-CH^3 \end{array}$$

Quel que soit leur mode de formation, on conçoit que ces azines peuvent jouer le rôle de composés intermédiaires dont une partie fournirait, *par hydrolyse*, les cétones non saturées et saturées de même condensation en carbone que la pyrazoline primitive tandis qu'une autre partie fournirait, *par isomérisation*, des pyrazolines contenant deux fois plus d'atomes de carbone que cette même pyrazoline initiale.

On remarquera, en tout cas, que le nombre des atomes d'azote existants dans les diverses molécules est *toujours le même et égal à* 2, considération qui peut présenter un certain intérêt au point de vue de la genèse des composés azotés de poids moléculaire élevé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le métaxylénol-1.3.4 et quelques-uns de ses dérivés.* Note de M. **L. Palfray** et Mlle **Th. Duboc**, présentée par M. Ch. Moureu.

Ayant eu en vue l'étude de certaines propriétés physiologiques du tribromo-métaxylénol (noyau benzénique portant CH³, Br, CH³, OH, Br, Br) nous nous sommes rendu compte que l'histoire du métaxylénol-1.3.4 et de ses dérivés bromés était incomplète et obscure.

Ce phénol, d'abord isolé par Würtz ([1]), a été étudié surtout par Jacobsen ([2]), qui a préparé les dérivés mono, di et tribromés.

Les travaux ultérieurs de Staedel et Holz ([3]), de Hodgkinson et Limpach ([4]), de Noelting, Braun et Thesmar ([5]) et enfin d'Orton et Coates ([6])

(1) A. Wurtz, *Comptes rendus*, t. 66, 1868, p. 1086.

(2) Jacobsen, *Ann. der Chem.*, 182, 1876, p. 30; *Ber. Deutsch. chem. Ges.*, 10, 1877, p. 1010; 11, 1878, p. 17, et 18, 1885, p. 3463.

(3) Staedel et Holz, *Ber.*, 18, 1885, p. 2921.

(4) Hodgkinson et Limpach, *J. Chem. Soc. Lond.*, 63, 1893, p. 110.

(5) Noelting, Braun et Thesmar, *Ber.*, 34, 1901, p. 2254, et 36, 1903, p. 656.

(6) Orton et Coates, *J. Chem. Soc. Lond.*, 91, 1907, p. 53.

ont apporté, à côté de quelques précisions nouvelles, beaucoup de confusion et d'incertitudes.

Nous avons repris l'étude du métaxylénol-1.3.4 et de ses dérivés bromés et non bromés, afin de mieux mettre en évidence l'influence du brome dans des molécules par ailleurs semblables.

I. *Métaxylénol*-1.3.4 *et ses dérivés.* — Le *métaxylénol* a été préparé par les méthodes déjà décrites, c'est-à-dire soit par sulfonation du métaxylène, soit par diazotation de la métaxylidine-1.3.4. Aux constantes sur lesquelles étaient tombés d'accord Jacobsen d'une part, Staedel et Holz d'autre part, à savoir $F = 27°-28°$, $E_{766} = 211°,5$ (corr.), $d^0 = 1,0362$, nous avons ajouté les données suivantes :

$E_{14} = 97°-98°$; $d_4^{14} = 1,0276$ (surf.); $n_D^{14} = 1,5420$ (surf.);
R_D : tr. 37,41 ; calc. 37,06 ; $E\Sigma_D = +0,28$.

L'*acétate de m-xylényle* $C^6H^3(CH^3)^2-O-CO-CH^3$ a été préparé également par Jacobsen qui donne son point d'ébullition $E_{760} = 226°$. Nous avons trouvé en outre pour ce corps :

$E_{13} = 107°,5-108°,5$; $d_4^{15,5} = 1,0298$; $n_D^{15,5} = 1,4990$;
R_D : tr. 46,79; calc. 46,43; $E\Sigma_D = +0,22$.

Le *propionate* $C^6H^3(CH^3)^2-O-CO-CH^2-CH^3$ a été obtenu par action du chlorure de propionyle sur le xylénol sodé. C'est un corps huileux, présentant les constantes suivantes :

$E_{15} = 121°,4-121°,6$ (corr.); $d_4^{17} = 1,0104$; $n_D^{17} = 1,4944$;
R_D : tr. 51,28; calc. 51,05; $E\Sigma_D = +0,13$.

Le *benzoate* $C^6H^3(CH^3)^2-O-CO-C^6H^5$, obtenu de même à partir du chlorure de benzoyle, distille à 110°,5-111° sous 15mm. Il se solidifie spontanément et, recristallisé dans l'acide acétique à 75 pour 100, fond à 37°-38°.

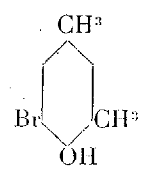
Le *m-xylényl-oxyacétate d'éthyle* $C^6H^3(CH^3)^2-O-CH^2-CO^2C^2H^5$ a été préparé de même, à partir du chloracétate d'éthyle. Les constantes observées sont :

$E_{14} = 150°-150°,2$; $d_5^{25} = 1,0563$; $n_D^{25} = 1,4942$;
R_D : tr. 57,89; calc. 57,32; $E\Sigma_D = +0,27$.

L'*acide m-xylényloxyacétique* $C^6H^3(CH^3)^2-O-CH^2-COOH$ s'obtient aisément en saponifiant, par la soude alcoolique, l'éther ci-dessus.

C'est un corps solide, facilement sublimable et dont le point de fusion instantanée, pris au bloc Maquenne, est 140°, 5.

II. *Monobromo-m-xylénol et ses dérivés.* — Le *monobromo-m-xylénol*



a, comme nous l'avons dit, été préparé par Jacobsen. Il faisait agir directement 1^{mol} de Br sur 1^{mol} de *m*-xylénol en solution acétique. Il l'a décrit comme une huile incristallisable distillant, sous la pression atmosphérique, mais non sans se décomposer partiellement. Orton et Coates ont trouvé comme point de fusion $+8°$, et comme point d'ébullition $E_{18} = 110°,5$. Nous avons trouvé de nôtre côté :

$$F = 8°,5-9° ; \quad E_{14} = 105°,5-106°,5 ; \quad d_4^{16,5} = 1,4392 ;$$
$$n_D^{16,5} = 1,5642 ; \quad R_D : \text{tr. } 45,44 ; \text{ calc. } 44,83 ; \quad E\Sigma_D = +0,30.$$

L'*acétate* de ce phénol bromé, $C^6H^2(CH^3)^2(Br)-O-COCH^3$ se prépare très facilement en faisant agir, sur le phénol, l'anhydride acétique en présence de pyridine. C'est un liquide huileux pour lequel nous avons trouvé :

$$E_{14} = 137°,6-137°,9 ; \quad d_4^{25} = 1,3684 ; \quad n_D^{25} = 1,53115 ;$$
$$R_D : \text{tr } 54,97 ; \text{ calc. } 54,20 ; \quad E\Sigma_D = +0,31.$$

Le propionate, obtenu comme celui du phénol non bromé, présente les constantes suivantes :

$$E_{14} = 154°-154°,5 \text{ (corr.)} ; \quad d_4^{25} = 1,3275 ; \quad n_D^{25} = 1,5246 ;$$
$$R_D : \text{tr. } 59,31 ; \text{ calc. } 58,81 ; \quad E\Sigma_D = +0,20.$$

Le *benzoate* enfin distille d'abord sous forme d'une huile très visqueuse passant à 216° (corr.) sous 15^{mm} et qui finit par se prendre en masse presque en totalité.

La partie solide, très soluble dans l'alcool bouillant, fournit, par refroidissement, des cristaux qui fondent à 54°, en tube capillaire.

Tous ces corps ont été obtenus avec d'excellents rendements.

Pour ceux d'entre eux qui sont à l'état liquide, nous avons construit les courbes d'indices de réfraction. Elles ne sauraient trouver place dans cette Note et paraîtront dans un autre recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les réactions des aldéhydes α-bromées.* Note de M. **Albert Kirrmann**, présentée par M. Ch. Moureu.

J'ai montré précédemment [1] que les aldéhydes α-bromées et le bromo-œnanthol en particulier donnaient lieu à des groupes nettement distincts de réactions :

A. Réactions normales de la fonction aldéhyde :
1° Combinaison bisulfitique;
2° Remplacement de l'oxygène par deux atomes de brome au moyen de PCl^3Br^2;
3° Formation partielle d'une bromhydrine de glycol par les composés organo-magnésiens.
B. Réactions qui tendraient à faire attribuer à nos dérivés une formule de bromure d'acide :
1° Formation de cétones et de leurs dérivés (alcool tertiaire et carbure éthylénique) comme produits prépondérants dans l'action des organo-magnésiens;
2° Formation d'acide gras par l'hydrate de plomb.

Poursuivant mes recherches, j'ai pu confirmer ces observations par de nouveaux résultats :

A. 4° Oxydation chromique;
5° Condensation avec l'uréthane.
B. 3° Action de l'oxyde d'argent;
4° Action des composés organo-zinciques mixtes.

Il convient d'ajouter à ce groupe une réaction étudiée par Franke [2] :

B. 5° Condensation de Friedel et Crafts.
D'autre part, j'ai fait des essais dont le résultat négatif montre que l'atome de brome est solidement attaché à la molécule :
C. 1° Tentative de saponification par l'eau bouillante;
2° Tentative de saponification par la potasse diluée;
3° Tentative de double décomposition avec l'acétate d'argent;
4° Tentative de double décomposition avec le méthylate de soude.

Toutes ces expériences nouvelles ont été faites avec le bromo-œnanthol.

Oxydation. — Par le bichromate et l'acide sulfurique j'ai obtenu un acide bouillant à 147° sous 12mm. $D^{18} = 1,319$; $n^{18} = 1,471$. Réfraction

---

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1463; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 316.
[2] *Monatshefte für Chemie Akad. d. Wiss. Wien*, 33, 1912, p. 1235.

moléculaire 44,28, théorique 43,83; titrage par la baryte : poids moléculaire 212, théorique 209. Le sel de baryum cristallise en paillettes dans l'alcool. C'est bien l'acide bromo-œnanthylique déjà connu ([1]).

La *condensation avec l'uréthane* se produit dans les conditions indiquées par Mauguin ([2]) pour le bromo-éthanal. Le produit obtenu, très soluble dans les solvants usuels, cristallisant mal, fond à 112° (au bloc) et contient 22,8 pour 100 de brome (théorie 22,65 pour 100).

L'*oxyde d'argent* en suspension dans l'eau donne, comme l'hydrate de plomb, de l'acide œnanthylique par une ébullition prolongée.

L'*iodure de zinc-méthyle* réagit très doucement à température ordinaire. On achève par ébullition de l'éther. J'ai obtenu ainsi la méthylhexylcétone, bien connue ([3]). $Eb^{12} = 73°$; $F = -20°$; $d^{20} = 0,818$; semi-carbazone F 120-121° (au bloc).

En face de ces résultats, suggérant l'idée d'une tautomérie, j'ai préparé le bromure d'acide, isomère du bromo-œnanthol, $Eb^{12} = 80°$; $d^{19} = 1,210$; $n^{19} = 1,460$. Ce produit est totalement différent de l'autre. Il fume énergiquement à l'air et se décompose rapidement par l'eau froide. Des essais de réactions aldéhydiques ont donné des résultats négatifs : PCl^3Br^2 et le bisulfite sont sans action.

La tautomérie étant exclue, voici l'interprétation que nous adoptons :

Les essais du groupe C montrent que, contrairement à ce que l'on pourrait supposer, la mobilité du brome se trouve entravée par la présence de la fonction aldéhyde.

Quand l'intervention d'une molécule à élément fortement électropositif (Mg, Pb, Ag, Zn, Al des réactions B) force le détachement du brome, la mobilité de l'hydrogène aldéhydique se trouve simultanément accrue. Le départ de HBr conduit ainsi aux cétènes. Or les cétènes, corps peu stables, réagissent effectivement dans le sens voulu :

1° Addition facile d'eau, conduisant à un acide gras;

2° Addition des magnésiens conduisant à un alcool vinylique qui s'isomériserait en cétone;

3° Réaction de Friedel et Crafts, conduisant à une cétone nucléaire.

Notre interprétation est encore confirmée par une expérience de Kötz ([4]) qui semble avoir obtenu le cétène par action d'une amine tertiaire sur le bromo-éthanal.

([1]) Beilstein, 4e édition, **2**, p. 341.
([2]) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 748.
([3]) Moureu et Delange, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **29**, 1903, p. 675.
([4]) *Journal f. prak. Chemie*, **103**, 1921, p. 239.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique sous pression du paraoxytriphénylcarbinol et du paraoxydiphénylméthane.* Note [1] de MM. **W. Ipatief** et **B. Dolgof**, présentée par M. C. Matignon.

I. *Paraoxytriphénylcarbinol.* — Le paraoxytriphénylcarbinol dissous dans le cylohexanol a été soumis à l'action de l'hydrogène sous haute pression, en présence d'oxyde de nickel agissant comme catalyseur. La pression initiale était de 80 à 100 atmosphères.

En opérant à 120°, la pression diminue de 16^{atm}. On obtient un liquide jaune et de l'eau. Après la séparation du dissolvant on a obtenu par distillation trois fractions : 160 à 210°, 250 à 265° et la fraction principale au delà de 265° formant un liquide épais.

Dans les deux premières fractions on a caractérisé le phénol et le diphénylméthane.

Le produit épais et goudronneux est distillé lui-même sous une pression de 25^{mm}. Des parties distillant entre 250-253° on a retiré une substance blanche cristalline fondant à 107-108° constituée par le paraoxytriphénylméthane, comme le montre l'analyse :

	Calculé.	Trouvé. I.	Trouvé. II.
C	87,65	87,82	87,63
H	6,20	6,32	6,29

Ce paraoxytriphénylméthane hydrogéné lui-même dans les mêmes conditions à 270-275° a fourni une huile distillant à 320-350° se solidifiant à la longue. Les cristaux blancs obtenus par purification dans l'alcool présentaient les caractéristiques suivantes :

$$d_0^{20} = 0,9265, \quad \text{T. fusion} = 48°,$$
$$n_D^{20} = 1,4976, \quad M = 245,$$

qui sont celles du tricyclohexylméthane. Leur analyse a donné :

	Calculé.	Trouvé I.	Trouvé II.
C	87,02	86,88	86,78
H	12,98	13,18	13,02

[1] Séance du 5 décembre 1927.

Le rendement de cette dernière transformation atteint jusqu'à 90 pour 100.

Le paraoxytriphénylcarbinol a été également hydrogéné à la température de 280°, toutes les autres conditions restant les mêmes.

On a séparé par distillation fractionnée du produit d'hydrogénation des fractions bouillant à 240-270° et 320-335°.

De la première partie, on a isolé le dicyclohexylméthane caractérisé par les mesures et analyses suivantes :

$$n_D^{22} = 1,4752, \qquad d_{20}^{10} = 0,8776.$$

	Calculé.	Trouvé. I.	Trouvé. II.
C	86,56	86,72	86,62
H	13,44	13,09	13,18

La partie passant à 320-335° forme une huile blanche et épaisse qu'on a soumis à une deuxième hydrogénation à la même température. Dans la masse hydrogénée, on a isolé le dicyclohexylméthane.

L'hydrogénation du carbinol à la température de 320° fait apparaître des carbures d'hydrogène gazeux (CH^4 et autres) en même temps qu'on obtient un peu de tricyclohexylméthane et surtout du dicyclohexylméthane, le premier se dissociant à cette température.

Les analyses ont donné :

Dicyclohexylméthane $C^{13}H^{24}$.

	Trouvé.	Calculé.
C	86,56	86,64
H	13,44	13,58

Tricyclohexylméthane $C^{19}H^{34}$.

	Trouvé.	Calculé.
C	87,02	87,12
H	12,98	13.31

II. *Paraoxydiphénylméthane*. — L'hydrogénation a été effectuée à 250-260° sous une pression de 100 atmosphères. Les produits obtenus ne possèdent plus d'oxygène comme le montre la non-action du sodium. Par des traitements appropriés on a obtenu une huile bouillant à 250-254° et constituée par le dicyclohexylméthane $C^{13}H^{24}$.

n_D^{22}.	d_{22}^{22}.
1,4749	0,8772
1,4755	0,8776

	Trouvé.	Calculé. I.	II.	III.
C..................	86,56	87,04	86,58	86,72
H..................	13,44	13,36	13.34	13,39

Ce corps est tout à fait inerte vis-à-vis les différents réactifs. On a procédé à sa déshydrogénation suivant la méthode de Rozycka, en chauffant le carbone avec du soufre à 280° pendant 6 heures. Dans ces conditions il s'est formé du diphénylméthane.

En résumé :

1° Dans une première phase, le paroxytriphénylcarbinol s'hydrogène jusqu'au paraoxytriphénylméthane.

2° 50 pour 100 du paraxoytriphénylméthane se décompose en phénol et diphénylméthane à 220° sour la pression de 100^{atm}.

3° Le paraoxytriphénylméthane non décomposé s'hydrogène presque quantitativement jusqu'au tricyclohexylméthane (90 pour 100) à 270-280°.

4° Le paraoxydiphénylméthane se transforme quantitativement pendant l'hydrogénation à 260° en dicyclohexylméthane.

5° L'hydroxyle phénolique se sépare pendant l'hydrogénation sous pression à 260-280° et l'hydroxyle alcoolique tertiaire à 200-220°.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la compression du gaz de ville.* Note de MM. **James Chappuis** et **A. Pignot**, présentée par M. C. Matignon.

L'influence de la pression sur les limites inférieures et supérieures d'inflammabilité a fait l'objet de nombreux et très intéressants travaux.

Dans le cas des pressions inférieures à la pression atmosphérique tous les gaz combustibles mélangés à l'air se comportent de la même façon; MM. Le Chatelier et Boudouard (¹) ont montré les premiers que la limite inférieure du mélange CO-Air croît lorsque la pression décroît; à l'inverse la limite supérieure décroît dans les mêmes conditions, de sorte que les deux limites se confondent pour une même valeur de la pression; il en

(¹) *Bulletin de la Société chimique*, 19, 1898, p. 483.

résulte que la région d'inflammabilité se restreint de plus en plus lorsque la pression baisse.

Dans le cas des pressions supérieures à la pression atmosphérique les résultats semblent loin de présenter la même simplicité et la même généralité. Terres et Plenz ([1]) ont montré que pour les mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène avec l'air la région d'inflammabilité se restreint lorsque la pression croît; Paymann et Wheeler ([2]) ont confirmé ces résultats pour ces mélanges; mais ils ont observé que, au contraire, pour les mélanges d'hydrocarbures la région d'inflammabilité est dilatée vers la limite supérieure, celle-ci allant en croissant nettement lorsque la pression augmente.

Or, dans le cas de la compression du gaz de ville, la teneur en oxygène étant toujours faible (1 à 4 pour 100), c'est la limite supérieure d'inflammabilité qui intervient et puisque les observations faites avec de faibles pressions (4 à 10^{kg}) montrent que cette limite va en augmentant pour les hydrocarbures lorsque la pression croît n'est-il pas à craindre que pour des pressions de 150 à 200^{kg}, cette limite supérieure ne se rapproche progressivement de 100, de telle sorte que des teneurs de 1 à 4 pour 100 d'oxygène seraient prohibitives, le mélange devenant sous ces pressions inflammable et peut-être même explosif.

Nous avons poursuivi des expériences en vue de répondre à cette question.

Nous avons employé un appareil de Cailletet dans lequel le tube laboratoire seul a été modifié pour se prêter à ce genre d'expériences.

Le réservoir à gaz est en métal; il est fermé à sa partie inférieure par une valve qui permet d'y comprimer, à l'aide d'une pompe, le mélange à une pression initiale de $2^{kg},5$; ce réservoir est raccordé, en dehors du bloc, à un tube très résistant en verre dont le diamètre intérieur est de 5^{mm} et l'autre extrémité de ce tube, qui a 20^{cm} de longueur, est fixée dans une tête métallique dans laquelle il se prolonge jusqu'à un robinet pointeau; dans cette tête est creusée la chambre d'inflammation; on y a logé une bougie qui porte un fil de cuivre dont on détermine la fusion brusque à l'aide d'un courant; la compression se fait par l'eau.

S'il y a inflammation, la flamme descend très visiblement dans le tube de verre, car si l'on se trouve dans le voisinage de la limite d'inflamma-

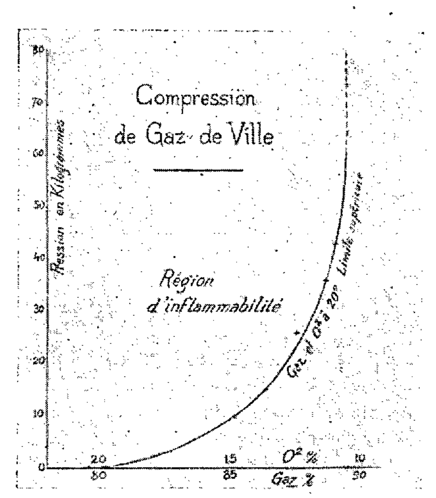
---

([1]) *Gasluftmischungen*, 1915.

([2]) *Journal of Chemical Society*, **123**, 1923, p. 427

bilité, la vitesse de propagation de la flamme est faible et il n'y a pas de rupture de l'appareil.

Des expériences à la pression atmosphérique ont été faites avec un tout autre dispositif, dans un tube de 5^{cm} de diamètre, où le rapport de la surface refroidissante à la masse du gaz est faible; or, à partir d'une pression de quelques kilogrammes, ce rapport est déjà sensiblement plus petit dans le tube de 5^{mm}; d'ailleurs des expériences sur des tubes de plus large diamètre sont en cours.



La courbe obtenue (voir la figure) montre qu'à la température de 20° la région d'inflammabilité s'élargit assez fortement lorsque la pression monte de 1 à 50^{kg}, mais au-dessus de cette pression la limite supérieure reste à peu près fixe; le nombre N qui définit la limite supérieure passe de 78 à 89 pour 100 lorsque la pression s'élève de la pression atmosphérique à 76^{kg}.

Il en résulte que ces mélanges de gaz et d'oxygène, emmagasinés dans des bouteilles sous des pressions de 150 à 200^{kg}, ne sont pas inflammables s'ils contiennent moins de 10 pour 100 d'oxygène; il sera prudent de garder une forte marge de sécurité et de ne pas dépasser une teneur en O de plus de 5 à 6 pour 100.

Des expériences faites à 40° et à 80° nous ont montré que l'élargissement de la région d'inflammabilité était très faible à ces températures; en conséquence les compresseurs employés devront être assez lents, avoir un nombre d'étages suffisant et un refroidissement assez actif pour que la température des gaz comprimés ne dépasse à aucun moment 80°.

Un graissage par pulvérisation d'eau facilitera la réalisation de cette dernière condition.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Action des amines primaires sur le nitroso-β-naphtol.* Note [1] de MM. **R. Lantz** et **A. Wahl**, présentée par M. Matignon.

Nous avons décrit précédemment la facile transformation de l'amino-1-oxy-2-naphtalène ou de son acide sulfonique-4, en nouveaux dérivés des naphtoquinones, lorsqu'on soumet ces composés, en présence d'amines aromatiques primaires, à l'action des oxydants et en particulier de l'oxygène de l'air [2].

Or l'amino-naphtol est obtenu par réduction du nitroso-β-naphtol et l'acide aminonaphtol-sulfonique est un produit intermédiaire, fabriqué par l'industrie en grandes quantités, par la réduction du bisulfite de sodium sur le nitroso-β-naphtol. De telle sorte qu'en dernière analyse notre réaction consiste à réduire le nitroso-naphtol, puis à réoxyder les produits de réduction, en présence d'amines primaires

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible d'obtenir plus simplement le même résultat, en faisant agir directement les amines primaires sur le dérivé nitrosé du β-naphtol suivant l'équation :

$$(a) \qquad C_{10}H_6(=NOH)(=O) + NH^2R = C_{10}H_5(=NH)(-OH)(=NR)\ (1) + H^2O.$$

Mais les chances d'aboutir paraissent assez minimes, car un grand nombre de savants se sont déjà livrés à l'étude de cette réaction sans qu'aucun d'eux n'ait signalé la présence du composé (1) que nous avons été les premiers à décrire. C'est ainsi que l'aniline, agissant en solution acétique, indifféremment sur le β-nitroso-α-naphtol ou sur l'α-nitroso-β-naphtol, a fourni à Fuchs [3] et à Brömme [4] la phénylamino-2-phénylimino-4-naphtoquinone-1.4 ou anilino-naphtoquinone-anilide. D'autre part, en chauffant la nitroso-α-naphtol avec l'aniline et son chlorhydrate, il se forme de la phé-

---

(1) Séance du 5 décembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 976.

(3) Fuchs, *Berichte*, 8, 1875, p. 1023.

(4) Bromme, *Berichte*, 21, 1888, p. 391.

nylrosinduline ([1]) dont Fischer et Hepp ([2]) expliquent la formation par l'action ultérieure de l'aniline sur l'anilide précédente.

On peut toutefois remarquer que tous ces auteurs ont opéré en milieu acide; or, nous avons montré que l'imine (1) ainsi que ses dérivés présentent le caractère commun d'être particulièrement sensibles vis-à-vis des acides qui les hydrolysent totalement en donnant les oxy-2-arylimino-naphtoquinones-1.4.

$$C^{10}H^5\begin{cases}=NH & (1)\\ -OH & (2)\\ =NR & (4)\end{cases} + H^2O = C^{10}H^5\begin{cases}=O & (1)\\ -OH & (2)\\ =NR & (3)\end{cases} + NH^3.$$

De telle sorte que l'imine qui aurait pu prendre naissance serait immédiatement transformée, dans ces conditions, et ne pourrait pas être décelée.

Nous avons pensé que, pour isoler l'imine, il fallait se placer en milieu neutre ou tout au moins en un milieu exempt d'acide. Effectivement, en faisant bouillir pendant 12 à 15 minutes 30 parties de nitroso-β-naphtol avec 300 parties d'aniline et 30 parties de benzine, puis en refroidissant rapidement, on peut isoler facilement l'imine cristallisée, formée d'après la réaction dont nous avons donné le schéma. Ce composé est identique avec l'imine décrite dans notre Communication précédente. L'addition de certains catalyseurs facilite cette réaction, notamment le cuivre, l'étain divisés, etc. Le cuivre s'est montré particulièrement actif et, dans ce cas, une partie de l'imine se trouve alors engagée dans une combinaison cuivrique cristallisée.

L'équation (*a*), que nous avons donnée plus haut, ne représente que l'aspect global de la réaction; en réalité, elle est plus complexe, surtout en présence de cuivre. On peut isoler, dans ce cas, un composé coloré qui n'est autre que la *phényldinaphtoxazime* ainsi que d'autres produits cristallisés dont la nature n'est pas encore élucidée.

Le mécanisme de la réaction est vraisemblablement le suivant : l'aniline se fixe d'abord sur le dérivé nitrosé comme sur tous les dérivés de la naphtoquinone pour donner

$$C^{10}H^6\begin{cases}=NOH & (1)\\ =N & (2)\end{cases} + C^6H^5.NH^2 = C^{10}H^6\begin{cases}=NOH\\ -OH\\ =N.C^6H^5\end{cases} + H^2.$$

([1]) *Badische Anilin u. Sodafabrik*, Br. allemand 45370 (6 mai 1888).

([2]) Fischer et Hepp, *Berichte*, 21, 1888, p. 2617; *Liebig's Annalen*, 256, 1888, p. 233.

Mais cet hydrpgène, libéré, exerce son action réductrice sur le produit précédent et le transforme en imine. Quant à la présence de la phényldinaphtoxazine, sa formation, sous l'influence du cuivre, s'explique par une réduction partielle du nitrosonaphtol en aminonaphtol; celui-ci, en se condensant avec l'imine, fournit l'oxazine suivant l'équation

NH, OH, $C^6H^5.N$ + NH^2, OH = $H^2O + NH^3$ + N, O, $C^6H^5.N$

Nous avons d'ailleurs vérifié que cette oxazine prend naissance dans ces conditions et nous montrerons, dans la suite, qu'il s'agit, même là, d'une nouvelle réaction générale qui permet de préparer des matières colorantes de ce groupe.

CRISTALLOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la structure à focales des corps smectiques*. Note de M. **Robert Gibrat**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans certaines conditions expérimentales, par exemple au refroidissement du liquide isotrope, les corps smectiques [1] présentent la structure suivante : la masse est traversée par de fines lignes noires groupées deux par deux, ellipse et branche d'hyperbole, liées par la relation de focalité. En lumière convergente monochromatique, on a observé les caractéristiques d'un corps uniaxe, l'axe optique étant positif et dirigé en chaque point suivant la droite touchant les deux coniques. Ces axes sont par suite les normales à une famille de cyclides de Dupin.

Nous allons montrer qu'on peut retrouver ce résultat expérimental, d'apparence complexe, au moyen d'hypothèses très générales et très simples.

Admettons que : 1° les forces agissant sur chaque élément de matière homogène soient constantes en grandeur et en direction, sans que leur résultante générale soit nulle;

---

[1] Dénomination due à M. G. Friedel (*Annales de Physique*, 18, 1922, p. 276).

2° Chaque élément de matière se dispose de manière que les forces se ramènent à une résultante unique (couple nul).

Le problème devient la recherche du lieu de cette résultante unique par rapport à un premier élément de matière fixe.

C'est un problème de statique dont la solution est donnée depuis longtemps ([1]) : les résultantes vont rencontrer deux courbes fixes qui sont une ellipse et une hyperbole focales l'une de l'autre.

Ceci tend à rapprocher les corps smectiques des systèmes aimantés soumis à la pesanteur. Il est cependant très probable qu'ici les forces capillaires jouent le rôle le plus important et qu'un changement suffisamment grand de leurs directions introduit un domaine focal différent.

LITHOLOGIE. — *Sur la composition chimique des laves de l'Ahaggar, Sahara central (mission Jacques Bourcart,* 1922-1923). Note ([2]) de MM. **M.-E. Denaeyer** et **Jacques Bourcart.**

Nous avons étudié, dans une Note antérieure ([3]), la nature des roches volcaniques qui recouvrent le Massif Central saharien dans la région de l'Ahaggar. Nous nous proposons d'étudier maintenant la composition chimique de quelques-unes de ces roches. Les analyses ont été effectuées par M. F. Raoult.

a. Phonolite néphélinique et sodalitique à augite ægyrinique, ægyrine et ænigmatite; aiguille terminale du Pic Ilamân (Coudia de l'Ahaggar); 1',6.1.4; néphéline = 18,7 pour 100.

Le calcul régulier de l'analyse par la méthode chimico-minéralogique fait apparaître 2,24 pour 100 d'hematite, laquelle n'est pas exprimée minéralogiquement; par contre il ne met pas d'ægyrine en évidence. M. A. Lacroix a récemment proposé une explication de ce désaccord entre le calcul et l'observation dans le cas des roches néphéliniques altérées ([4]). La phonolite de l'Ilamân ne porte aucun symptôme d'altération, aussi croyons-nous pouvoir avancer une interprétation quelque peu différente mais également justifiée par la présence dans notre roche, d'ænigmatite et d'augite ægyrinique. Elle trouve d'ailleurs son fondement dans la notion de « feldspath potentiel » définie par M. A. Lacroix lui-même ([5]).

([1]) Minding, *Journal de Crelle*, 15, 1836, p. 35.

([2]) Séance du 29 août 1927.

([3]) Jacques Bourcart et M.-E. Denaeyer, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1073.

([4]) A. Lacroix, *Bull. Soc. Géol. F.*, 4e série, 25, 1925, p. 491.

([5]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 163, 1916, p. 177.

En effet, en combinant l'alumine de ces minéraux avec les alcalis qui rentrent également dans leur composition ainsi qu'avec toute la soude contenue dans l'ægyrine, le calcul forme des feldspaths et des feldspathoïdes potentiels, tandis que le fer ferrique de ces mêmes minéraux s'isole à l'état d'hématite virtuelle. De même, la chaux qu'ils renferment donne un peu d'anorthite virtuelle (0,83 pour 100). Si, au contraire, se basant sur la composition minéralogique exprimée, on conduit le calcul de façon à combiner les molécules de fer ferrique à un nombre égal de molécules de soude pour former l'ægyrine, l'hématite et l'anorthite disparaissent; mais il apparaît par contre 2,65 pour 100 d'alumine libre virtuelle qui représente très exactement le facteur potentiel compris dans la somme de feldspaths et feldspathides virtuels calculés, selon le mode habituel.

b. Trachyte quartzifère à ægyrine et lanéite, dyke en relation avec les phonolites, Imadouézen (Grand Ahaggar); 1',5.1.4; quartz = 4,7 pour 100.

Cette roche rappelle le trachyté riebeckitique à quartz intersertal de Marovitsika qui forme des dômes dans le sud-ouest de l'Ankaratra (Madagascar), décrit par M. A. Lacroix.

L'échantillon le plus riche en quartz a pour paramètres; 1.4'.1.(3)4. — [Analyse $\frac{H}{A}$, Boiteau *in* A. Lacroix.

	a.	*b.*	A.	*c.*	*d.*	*e.*
SiO^2....	57,24	65,50	68,28	42,20	42,22	41,92
Al^2O^3...	20,46	17,02	17,08	16	14,57	12,76
Fe^2O^3...	3,66	2,10	1,58	4,96	4,67	6,66
FeO....	56	1,85	1,03	7,47	7,88	6,81
MnO....	29	18	»	13	21	14
MgO....	18	15	14	8,61	7,89	10,10
CaO....	1,22	60	26	9,92	11,10	10,62
Na^2O...	8,99	7,30	5,68	3,40	4,11	2,63
K^2O...	4,99	4,35	4,62	1,49	1,97	1,45
TiO^2....	21	46	23	3,60	3,82	3,78
P^2O^5....	08	06	10	39	62	56
H^2O....	1,61	39	72	1,18	79	2,13
H^2O....	50	10	41	51	21	50
CO^2....	»	»	»	09	»	25
	99,99	100,06	100,13	99,95	100,06	100,31

c. Basanitoïde labradorique, près de l'oued Inteqqadin (série : « basalte des plateaux »). — III.'6.3.4. [2'.'3.2.2.]. Néphéline = 9,7 pour 100; An = 68,5 pour 100.

d. Basanitoïde labradorique, volcan Outoul (Bas Ahaggar) (série : « basalte des vallées »). — III.6 (7).(2) 3.4.[2.2.2.2 (3).]. — Néphéline = 17 pour 100; An = 83 pour 100.

e. Basalte β labradorique, abreuvoir de Timensaq, près Ahalessa (Bas Ahaggar) (série : basalte des vallées). — III.5(6).3.4. [2'.2'.2.2.]. — Néphéline = 4,8 pour 100; An = 59 pour 100.

On observe dans cette roche de petites enclaves énallogènes de quartz, ce qui a pour effet de diminuer la quantité de néphéline et d'augmenter celle d'albite calculées. Il est donc probable que cette roche est, comme les deux précédentes, un vrai basanitoïde et que son plagioclase est plus basique que ne l'indique le calcul. Il n'a pu être déterminé au microscope par suite de la petitesse de ses microlites, visibles seulement aux forts grossissements.

La communauté d'origine des basaltes des plateaux et des basaltes des vallées est manifeste. Leur parenté avec d'autres centres volcaniques du Sahara ne l'est pas moins.

GÉOLOGIE. — *Sur les caractères du géosynclinal sud-transcaucasien.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai déjà montré, dans une Note antérieure (1), le caractère géosynclinal de la série paléozoïque de la Transcaucasie méridionale, en m'appuyant sur la découverte que j'ai faite dans ce pays de toute une série marine continue et concordante depuis le Silurien jusqu'au Trias, et dont la synthèse ne pouvait être conçue auparavant, la plupart des termes n'en étant pas encore connus.

Les données que nous possédions sur le Mésozoïque de cette région étaient encore plus sommaires et se réduisaient à la connaissance du seul Maestrichtien, reposant en discordance sur le Carbonifère moyen. Aussi en avait-on conclu jusqu'ici que cette région était restée émergée pendant la presque totalité des temps secondaires.

Mais actuellement, en raison de la découverte que j'y ai faite de toute une suite de formations mésozoïques comprenant : Trias inférieur, moyen et supérieur, éruptions volcaniques liasiques, Aalénien, Bajocien, Bathonien, Callovien, Vraconnien, éruptions volcaniques mésocrétacées, Conia-

(1) Pierre Bonnet, *Sur le caractère géosynclinal du Paléozoïque de la Transcaucasie méridionale* (*Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 640).

cien, Santonien, Campanien, et enfin, au-dessus du Maestrichtien déjà connu, Danien intimement lié au Tertiaire, — cette interprétation doit être définitivement abandonnée.

D'autre part, l'analyse de chacun des termes de cette série m'a révélé, ainsi que je l'ai fait ressortir dans plusieurs Notes précédentes, tous les traits caractéristiques des formations des géosynclinaux mésozoïques au point de vue paléontologique, pétrographique, stratigraphique et tectonique, et j'ai déjà insisté à plusieurs reprises sur le significatif mouvement orogénique du Jurassique supérieur, donnant lieu à une discordance particulièrement typique pour toute la durée de l'ère secondaire.

La série tertiaire, comprenant de l'Éocène, de l'Oligocène et du Néogène, était la mieux connue en Transcaucasie; je n'ai à y ajouter que la découverte de l'Éocène inférieur intimement lié au Crétacé. Elle se montre comme une série franchement marine au Nummulitique, puis lagunaire au Néogène, et sera affectée par le plissement alpin définitif qui donnera naissance à la chaîne actuelle en portant ses sommets à plus de 3000^{m} d'altitude. On voit donc ici se dérouler à l'époque tertiaire jusqu'à son dernier stade la continuation de l'évolution typique des géosynclinaux mésozoïques.

Si maintenant on synthétise l'ensemble de la série transcaucasienne telle que je l'ai fait connaître, et qu'on la compare à celle des autres géosynclinaux alpins, on peut constater que nulle part ne se rencontre une succession semblable dans une seule et même région d'un géosynclinal paléozoïque, secondaire et tertiaire, et c'est en vain que l'on chercherait à laquelle des grandes unités tectoniques de Suess on pourrait la rattacher.

Nous nous trouvons donc en présence non seulement d'un géosynclinal paléozoïque exceptionnel, ainsi que je l'ai montré précédemment, mais encore du seul géosynclinal actuellement connu renfermant une série stratigraphique continue et concordante — sauf la lacune et la discordance dues aux mouvements tithoniques — depuis le Silurien jusqu'à la fin du Tertiaire, avec conservation intégrale et sans métamorphisme du Paléozoïque au fond de ce géosynclinal replissé par les mouvements alpins.

Ce particularisme devait nécessairement faire songer à une anomalie dans une superposition semblable, et conduire à l'hypothèse que l'ensemble n'en appartient pas à une seule et même unité tectonique. Aussi avais-je pensé l'interpréter en le considérant comme formé d'une série autochtone comprenant le Paléozoïque et une partie du Secondaire, et d'une série charriée comprenant le Crétacé supérieur (depuis les couches à faciès de Gosau) et le Tertiaire, issues de deux géosynclinaux distincts et superposés

mécaniquement en une seule unité apparente. Mais j'ai dû reconnaître l'impossibilté de cette interprétation ([1]). De plus, j'ai constaté ici d'une façon générale l'absence d'autres recouvrements, susceptibles de servir d'appui à cette hypothèse : la série doit donc être regardée comme entièrement autochtone.

Si, par contre, on prend en considération que cette région est située à la jonction des chaînes européennes et asiatiques, au voisinage même du grand rebroussement de l'Ararat, il semble possible d'admettre que c'est dans cette situation exceptionnelle que peut être cherchée la raison de sa singularité.

En effet, j'ai déjà démontré à plusieurs reprises que celui-ci se comportait au cours de toutes les périodes comme un point faible de l'écorce terrestre formant un haut fond néritique essentiellement instable. *Les chaînes de l'Araxe moyen faisant partie d'un des premiers arcs des faisceaux iraniens immédiatement voisins de ce grand rebroussement de l'Ararat, se trouvaient ainsi soumises à l'influence directe du régime de ce haut fond géosynclinal. Celui-ci, par ses continuelles oscillations a permis la réalisation d'une série paléozoïque, secondaire et tertiaire franchement géosynclinale, sans toutefois aller jusqu'à l'accumulation de dépôts par trop puissants qui auraient déterminé le métamorphisme de son substratum et provoqué, lors des principaux plissements, la formation de grandes nappes horizontales* ([1]).

Il est probable que l'étude détaillée d'autres grands rebroussements de la Mésogée encore peu explorés, nous révélera un jour l'existence d'autres hauts fonds semblables avec séries géosynclinales équivalentes déposées dans les mêmes conditions.

([1]) PIERRE BONNET, *Sur la situation tectonique des couches de Gosau de la Transcaucasie méridionale* (*C. R. somm. S. G. F.*, 1921, p. 231).

([2]) Il n'en est pas de même dans la chaîne du Grand Caucase, issue d'un géosynclinal certainement beaucoup plus profond. Des dépôts puissants avec séries métamorphiques y sont connus depuis longtemps, et dernièrement M. Renngarten a montré l'existence de plusieurs nappes dans la partie centrale de la chaîne [V. RENNGARTEN, *Recherches géologiques exécutées en* 1923 *dans la partie méridionale de la route militaire de Géorgie. Compte rendu préliminaire* (*Bull. Com. Géol.*, **43**, n° **7**, Léningrad 1925, p. 871-890, 1 pl.; en russe, rés. fr., p. 888-891].

GÉOLOGIE. — *La nappe de l'Embrunais et le bord externe de la nappe du Briançonnais (zone du Galibier) suivis de France en Suisse.* Note de M. **Henri Schœller**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans les Alpes, immédiatement à l'est de la zone dauphinoise autochtone, on peut suivre, depuis la région du Pelvoux jusqu'en Suisse, deux unités tectoniques qui se distinguent fort bien l'une de l'autre. Ce sont la zone du Galibier, ainsi nommée par W. Kilian, et la nappe de l'Embrunais. Leur limite réciproque, leurs caractères, sont restés jusqu'ici mal définis.

Quelques auteurs ont rapproché la zone du Galibier de la nappe de l'Embrunais. *Elle doit au contraire en être distinguée, car elle se rapproche beaucoup plus de la nappe du Briançonnais, proprement dite, à laquelle je la rattache. C'est son bord externe.*

Il semble même, en effet, d'après les cartes géologiques actuellement existantes, qu'il y ait liaison tectonique entre la nappe du Briançonnais et cette zone du Galibier, en certains points au moins, par exemple sous le Mont Jovet; alors que, au contraire, un plan de chevauchement ininterrompu sépare toujours la totalité du Briançonnais de la nappe de l'Embrunais. Il en est de même des faciès des terrains. Ceux de la nappe du Briançonnais et de son bord externe se ressemblent beaucoup, mais diffèrent tous des faciès de la nappe de l'Embrunais.

En Tarentaise, nous pouvons suivre ce plan de chevauchement depuis la pointe de Plovezan jusqu'à Granier, Aime, Saint-Marcel. Là il sépare le Houiller du Nummulitique et du Lias. Aux environs de Moutiers, sa position est un peu indécise. De nouvelles recherches sont nécessaires pour la déterminer avec précision. *Actuellement,* la solution qui *explique le mieux* les faits consiste à considérer le massif d'Hautecour comme appartenant encore à la nappe du Briançonnais. Il serait donc en recouvrement pardessus la nappe de l'Embrunais. Plus au sud, la limite redevient très nette. Elle est située à l'ouest de la zone triasique qui, de Fontaine-sur-Salins, se suit jusqu'à Saint-Martin-de-la-Porte, en passant par Villarly et le col du Coin. Ce Trias renferme fréquemment des pointements de Houiller comme à Villarly, près du vallon de Dorgentil et au chalet du Fuz, pointements qui ont quelque analogie avec le massif d'Hautecour. Il se poursuit en Maurienne jusqu'aux environs de Valloire. Puis, plus au sud, le plan de chevauchement passe entre le Flysch du Pic des Trois-Évêchés, d'une part,

et les roches triasiques, liasiques, jurassiques du col du Galibier, d'autre part.

En Tarentaise, aux environs de Bourg-Saint-Maurice, le bord externe de la nappe du Briançonnais (zone du Galibier) ne contient qu'un synclinal triasique, celui d'Aime et de Longefoy. Ce dernier se multiplie aux environs de Moutiers en même temps qu'il se complète de Lias, calcaire et schisteux, à partir de Saint-Jean-de-Belleville. Après un rétrécissement aux environs de Valloire, le bord externe du Briançonnais reprend de l'ampleur et s'écaille dans le massif du Galibier, et ses terrains se complètent alors par l'adjonction de Jurassique supérieur et de Marbres en plaquettes probablement crétacés.

Quelle est la continuation de ces unités tectoniques en Italie et en Suisse? La bande du Petit-Saint-Bernard (¹), où apparaissent les roches vertes, n'est que la suite de celle du Galibier. Elle s'étrangle et disparaît peu après son entrée en Italie. Au contraire, la nappe de l'Embrunais se poursuit dans le Val d'Aoste et en Suisse entre la masse houillère de la nappe du Briançonnais et la zone dauphinoise de l'Allée Blanche et des deux vals Ferret. Elle n'y perd pas ses caractères stratigraphiques, mais se simplifie tectoniquement. *Puis elle se prolonge par la zone de Sion et semble ensuite disparaître, par écrasement peut-être, entre les plis simplon-tessinois et la couverture sédimentaire du massif du Saint-Gothard pour réapparaître dans le Prättigau.* Cette dernière hypothèse a l'avantage d'expliquer pourquoi, *dans le Simplon et le Tessin, le Nummulitique n'a pas été discerné comme dans le Prättigau et la nappe de l'Embrunais.*

A ces plis du Simplon et du Tessin à noyaux de roches cristallines enveloppées de Schistes lustrés avec leur cortège de roches vertes, peut être assimilée la zone du Petit-Saint-Bernard (qui elle aussi renferme des roches vertes et du gneiss) *et donc aussi le bord externe de la nappe du Briançonnais* (*zone du Galibier*). *Cette zone du Petit-Saint-Bernard possède en France une allure synclinale.*

Au point de vue de l'architecture générale, on remarquera qu'en cheminant de la Suisse à l'Embrunais, le long de ces unités tectoniques et, en particulier le long de celle du Galibier à partir du Petit-Saint-Bernard, on les voit se compliquer de plus en plus, les plis se multiplier et se charger

---

(¹) H. Schoeller, *La nappe de l'Embrunais en Tarentaise, au nord de l'Isère et son prolongement en Italie et en Suisse* (Note préliminaire), (*Bull. Soc. géol de Fr.*, 4ᵉ série, 27, 1927, p. 84).

de terrains de plus en plus variés. C'est que l'on pénètre dans les parties de plus en plus superficielles. En Tarentaise, on se trouve près des racines; dans les Basses-Alpes, on se trouve presque sur la carapace aux multiples replis de ces unités tectoniques et sur les épanchements des terrains en nappes.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de la région d'Antequera* (*Andalousie*). Note de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Pierre Termier.

La découverte de nappes de charriage dans la chaîne Bétique, faite par M. Brouwer (¹) et ses élèves, a conduit ce savant et M. R. Staub à considérer tout l'édifice dit subbétique comme charrié par-dessus la Sierra Nevada.

Hormis cette vue générale, on ne possède que des renseignements très incomplets sur la tectonique de la chaîne subbétique. R. Douvillé autour de Jaen, Nicklès entre Huescar et Caravaca, ont fait des recherches précises, mais il reste à étudier d'immenses espaces avant que puisse être abordé l'essai d'une analyse structurale d'ensemble. Poursuivant des recherches méthodiques commencées par la Sierra de Majorque, j'ai tenté quelques coupes transversales de la chaîne, qui m'ont permis de faire quelques observations de détail. J'ai cru notamment pouvoir admettre (²) que les montagnes entre Cabra et Priego sont formées par une série allant du Keuper au Néocomien et localement au Néogène, affectée de plis courts et de dômes, probablement charriée, portant elle-même des lambeaux de recouvrement brisés en imbrications.

A l'Ouest s'ouvre la large dépression tertiaire de Rio Genil. Bordée à l'Est par les hauteurs précédemment étudiées et leur prolongement méridional, au Sud par les hautes falaises de calcaires jurassiques et de dolomies triasiques, alignées de Lojà à l'ouest d'Antequera, à l'Occident par la Sierra de Ubrique et toutes dépendances, cette zone déprimée est dominée, de place en place, par des sommets escarpés, dont certains ont l'allure de Klippes et d'autres celle de dômes appartenant au substratum du Tertiaire.

(¹) H.-A. Brouwer, *Zur Tektonik der betischen Kordilleren* (*Geologische Rundschau*, 17, 1926, p. 332-336).

(²) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1287.

Des coupes de Rute à Lojà et au sud d'Antequera, donnent un premier aperçu de la structure de ces ensembles.

De Rute, où se termine le contrefort sud de la Sierra Horconera, les marnes crétacées s'étendent vers le Sud jusqu'à l'Arroyo Soleche, au nord duquel elles sont en contact à peu près vertical avec le Keuper. Celui-ci est recouvert vers le Sud par les mollasses miocènes transgressives d'Iznajar. Au sud-ouest de cette localité, dans la Sierra de Campo Auro, on retrouve le Keuper en contact direct et ambigu avec le Nummulitique.

Par contre, $2^{km},5$ à l'ouest de Fuentes de Cesna, une boucle du Genil, entamant le Keuper, fait apparaître, sous lui, un pli de marnes crétacées. Au sud de cette unique fenêtre, les rapports du Nummulitique et du Secondaire des abords de Lojà sont masqués par le Quaternaire partout où j'ai passé. A l'ouest de Villanueva de Tapia, la Sierra del Pedroso est formée d'un dôme de calcaires jurassiques dont la couverture de Lias supérieur s'enfonce périclinalement sous le Crétacé et le Nummulitique. Malgré l'allure confuse des rapports signalés plus haut entre le Trias et le Crétacé, l'existence de cette série jurassique de base semble exclure l'hypothèse d'un contact normal, lorsque s'observe, dans cette région, la juxtaposition directe du Nummulitique ou du Crétacé au Trias.

Le Nummulitique de la couverture de la Sierra del Pedroso est en contact, vers le Sud, avec le Trias du chaînon jurassique et triasique d'Archidona, qui ne paraît le chevaucher franchement qu'en peu de points. Ce chaînon fait déjà partie de la haute barrière qui limite au Sud la dépression tertiaire du Genil. Le contact du Secondaire avec le Nummulitique de son pied septentrional n'est libre de dépôts récents que vers le Peñon de los Enamorados au nord-est d'Antequera, où Kilian, puis Gentil, signalèrent que le Jurassique s'appuyait sur le Lutétien (1).

Le chevauchement du Secondaire sur le Nummulitique apparaît plus nettement au sud de la barrière d'Antequera.

Le massif allongé du Torcal Alto, puis les masses calcaires qui s'étendent vers les Ventas de Zafarraya, dominent d'une haute falaise jurassique, découpée de nombreux redans, des calcaires et marnes nummulitiques qui forment une longue bande entre leur pied et le Primaire des Montes de Malaga. La coupe par le col de las Angustias, au sud d'Antequera, montre ce Nummulitique pendant au Nord et disparaissant sous les dolomies et calcaires du Torcal Alto. Au col, on voit du Tithonique écrasé au contact

(1) L. Gentil, *Sur l'extension en Andalousie des nappes de recouvrement de la province de Cadix* (*Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 83).

des deux ensembles. La coupe au pied des falaises des Ventas de Zafarraya est moins nette parce que l'ensemble du Nummulitique (reposant sur des marnes et marno-calcaires secondaires) et du calcaire chevauchant, est fortement redressé, mais l'allure des contours indique la superposition. La bande nummulitique semble s'écraser vers l'Est entre la masse secondaire et le Primaire de la Sierra Tejeda.

D'après les contacts au pied des falaises nord et sud de ce puissant massif secondaire du Torcal Alto et de son prolongement vers l'Est, on est fondé à supposer qu'il flotte sur le Nummulitique et, que ses racines sont au sud des massifs primaires de la chaîne Bétique, comme M. Staub l'a prévu.

Sans doute faudra-t-il mettre en relation avec lui les recouvrements complexes mentionnés dans les montagnes entre Cabra et Priego de Cordoba.

C'est le bord ouest de la dépression tertiaire du Rio Genil, vers Campillos et Estepa, qui pourra fournir la confirmation ou la rectification de ces vues, par les intersections d'ensemble dont il permettra de compléter le tracé. Je me propose de consacrer ma prochaine campagne à cette étude.

OCÉANOGRAPHIE. — *La double circulation océanique et les colonnes volcaniques abyssales*. Note (¹) de M. **J. Thoulet**.

Le *Challenger*, pendant sa mémorable campagne océanographique, a traversé le Pacifique suivant une ligne sensiblement droite, dirigée du Nord au Sud, de part et d'autre de l'équateur, sur une distance d'environ 75° de latitude depuis le nord de l'archipel Hawaï jusqu'au sud de l'île de Tubuaï. A chacune des stations dont cette route a été jalonnée, le professeur J. Y. Buchanan a exécuté un sondage densimétrique et, à diverses profondeurs toujours les mêmes, a mesuré la densité *in situ* σ_0 des eaux et leur température θ. Ces données sont inscrites dans les *Reports* du voyage.

J'ai moi-même, pour les 19 stations de cette ligne, calculé les densités normales σ_0 à 0° et par conséquent les salures $\sigma_0 - 1$; j'ai tracé les diagrammes en σ_0, σ_0 et θ de chaque station et avec leur ensemble établi les trois profils par isohalines, isopycnes et isothermes ainsi que les trois profils en σ_0, σ_0 et θ suivant les lignes d'égale profondeur : surface, 100, 200, 300, 800, 1000, 1500, 2000 et 2500 brasses (fathoms) jusqu'au sol situé dans cette région à une profondeur maximum de 3125 brasses (5716^m).

(¹) Séance du 5 décembre 1927.

Une expérience bien simple consistant à observer la dissolution et la diffusion, dans une éprouvette remplie d'eau pure, d'un fragment de corps facilement soluble tel que de l'alun, par exemple, autorise à formuler la loi suivante :

Au sein d'une même couche liquide horizontale ayant des portions à des densités *in situ* σ_0 différentes, étant donnée la lenteur de la diffusion saline, l'équilibre tend à s'établir par soulèvement des portions moins lourdes, en d'autres termes par ascension des premières et descente des secondes.

L'examen des graphiques, leur comparaison mutuelle et les considérations précédentes conduisent aux conclusions suivantes :

1. Confirmation des conclusions déjà formulées et particulièrement de celles relatives aux courants marins, à la propagation en profondeur de l'agitation mécanique, de la chaleur et de la salure, au calme abyssal, à l'existence, suivant la verticale de toute localité superficielle océanique, d'une zone haute et d'une zone basse séparées par une nappe neutre, enfin à une double circulation océanique due au degré géothermique de chaque point du sol sous-marin ; en résumé existence d'une mégacirculation superficielle mince et très active tirant son origine de l'échauffement solaire et d'une microcirculation abyssale épaisse, extrêmement lente, d'origine volcanique interne.

2. Existence, tout au moins au-dessus des localités volcaniques, de nuages et de colonnes liquides verticales d'eaux sursalées ou sous-salées, plus ou moins chaudes, descendantes ou montantes, s'élevant plus ou moins haut au sein du milieu ambiant selon la somme algébrique de la température et de la salure inverses dans leurs effets respectifs, l'une pour dilater ou contracter l'eau, l'autre pour en augmenter ou en diminuer le poids spécifique. Ces effets sont produits à la surface par l'échauffement solaire et l'évaporation, et au fond par l'échauffement volcanique plus ou moins intense et le degré de salure d'origine interne. Ainsi se produit dans toute la masse océanique l'homogénéité du mélange continuellement détruite et reconstituée, ainsi que partiellement la persistance de son niveau. Le degré de précision de ces sortes de photographies instantanées essentiellement changeantes de l'état de l'Océan dépend du réseau plus ou moins serré des mesures de densités récoltées sur le terrain. Ainsi sont constituées en sens inverse l'une de l'autre les deux circulations marines.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les variations de la salinité des estuaires mesurées* in situ *par la conductibilité électrique*. Note de M. et Mme **A. Chauchard**, présentée par M. L. Mangin.

En général, pour étudier les variations de la salinité des eaux d'estuaire, on a recours au dosage des chlorures. Il est plus simple de déceler ces variations par la détermination de la conductibilité électrique qui renseigne rapidement et d'une façon précise sur la teneur en électrolytes. Cette méthode a été préconisée en 1901 pour les eaux de source, par P. Th. Müller, dans une Note aux *Comptes rendus*. Elle a été utilisée dans ses recherches sur le régime des sources hydrominérales par F. Touplain, qui a constitué un matériel portatif permettant de suivre l'eau depuis le griffon jusqu'à la distribution.

Nous avons appliqué ce procédé à l'étude de la salinité de l'estuaire de la Rance. Mais, au lieu de faire un grand nombre de prélèvements d'eau que l'on examine ensuite, nous avons établi un dispositif qui permet de mesurer sur place, en bateau, et dans le milieu lui-même, la conductibilité de l'eau de la surface à la profondeur.

Les appareils utilisés sont : une boîte d'Hartmann et Brown pour les mesures des résistances électrolytiques par la méthode de Kohlrausch, un vase de résistance du type de ceux que l'on emploie dans l'industrie, pour la vérification dans les cuves du degré de concentration des solutions. Notre vase est constitué par une cloche de petite dimension en buis paraffiné que l'eau traverse librement; comme électrodes, deux lames d'argent de 1^{cm^2} de surface, fixées verticalement à la partie supérieure de la cloche, parallèles entre elles, distantes de 1^{cm}, assez épaisses pour être rigides. A chacune d'elles est soudé un fil électrique d'une dizaine de mètres de longueur soigneusement isolé dans une gaine épaisse de caoutchouc.

Les variations thermiques ont une influence sur la conductivité électrique; il est donc indispensable de connaître exactement à quelle température a été faite chaque détermination, afin de pouvoir y apporter les corrections nécessaires. Nous procédons ainsi : dans un manchon de verre de 25^{cm} de longueur sur 4^{cm} de diamètre, on introduit le vase de résistance; à côté de lui est suspendu un thermomètre, la cuvette au même niveau que les électrodes. Le manchon est fermé à chaque extrémité par un bouchon de liège, percé d'un orifice qu'obture à sa partie supérieure une mince lame de caoutchouc formant clapet. Le bouchon supérieur est, en outre, traversé à frottement par le câble conducteur relié aux électrodes; une couche de paraffine assure l'étanchéité du joint. Pour éviter les heurts au cours des sondages, on protège le manchon de verre par une cage en bois, à l'extrémité supérieure de laquelle est attachée une cordelette de même longueur que le câble conducteur; on leste l'extrémité inférieure d'un poids suffisant pour assurer la plongée.

Pour prendre une mesure, on fait stopper le bateau, on déroule simultanément la cordelette et le fil électrique qui est gradué de manière à se rendre compte de la profondeur à laquelle se trouve le vase de résistance. Pendant la descente, l'eau traverse de bas en haut le manchon de verre en soulevant les clapets et vient baigner les électrodes. A la profondeur voulue, on effectue la mesure de la résistance R, dont l'inverse $\frac{1}{R}$ multiplié par la constante de capacité du vase établie au préalable, donnera la conductivité spécifique de l'eau en ce point. A la remontée, la pression de l'eau ferme hermétiquement les clapets. L'eau ramenée provient donc bien du point où a été prise la mesure, et la remontée est assez rapide pour que sa température n'ait pas eu le temps de varier. Aux profondeurs auxquelles nous opérons (moins de 10 mètres) la pression n'agit pas d'une manière appréciable sur le thermomètre. Une détermination est faite aux divers niveaux et sur de nombreux points d'une rive à l'autre.

Avant d'explorer la salinité de l'estuaire de la Rance, nous avons vérifié le fonctionnement de notre appareil au laboratoire, le vase de résistance étant plongé dans de l'eau de mer soit pure, soit diluée à des taux divers, puis dans de l'eau douce; la résistance augmente avec la dilution ; de 6,3 ohms pour l'eau de mer, elle s'élève à 450 pour l'eau douce prise au robinet du laboratoire, en passant par tous les intermédiaires. Une seconde opération a été faite dans un ruisseau voisin, le Routhouan qui se jette dans l'estuaire à l'anse des Bas-Sablons après avoir reçu sur son parcours les eaux saumâtres de l'étang de Marville. Alors que l'eau de cet étang présentait une résistance de 95 ohms (à 19°) celle du ruisseau était de 254 (à 16°) en amont du déversoir de l'étang, et de 172 (à 18°) après l'apport d'eau salée par le déversoir.

Les eaux de l'estuaire, entre son embouchure et la pointe des Corbières sur la rive droite et la Vicomté sur la rive gauche de part et d'autre du rocher de Bizeux, nous ont toujours donné, à tous les niveaux, en surface comme en profondeur et aux diverses phases de la marée, sensiblement la même valeur de résistance : 6,2 à 6,4 ohms. Nous avons constamment retrouvé ce même chiffre dans nos mesures en pleine mer en vue de l'estuaire, autour de l'île de Cézembre, au large de la pointe du Décollé et du cap Fréhel.

De ces premières mesures on peut conclure que les eaux de l'estuaire de la Rance, dans la zone que nous avons explorée, présentent la même teneur en électrolytes que l'eau de mer, ce qui n'a rien de surprenant, l'estuaire étant dans cette région un véritable bras de mer largement ouvert sur la baie de Saint-Malo. Nous continuerons cette exploration en remontant

l'estuaire jusqu'à Dinan où il se termine; nous sommes persuadés qu'en nous rapprochant de la rivière l'apport d'eau douce se fera sentir par des modifications de résistance qui nous renseigneront sur le mode de mélange de l'eau douce avec l'eau de mer.

Personne, à notre connaissance, n'ayant utilisé une semblable technique, nous avons pensé qu'il était utile de la faire connaître, en raison de la facilité de son emploi et des données précises qu'elle fournit sans échantillonnage préalable, ni transport encombrant des prélèvements d'eau au laboratoire.

CYTOLOGIE. — *Action de quelques fixateurs sur le noyau de la cellule végétale.* Note de M. **Marcel Mascré**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note récente [1], j'ai dit quelle était l'action, sur le chondriome de la cellule végétale, des acides monochloracétique, cyanacétique, trichloracétique, employés seuls ou associés au formol. C'est de l'action des mêmes fixateurs sur le noyau qu'il s'agit ici.

A ma connaissance, seul l'acide trichloracétique a été utilisé par divers cytologistes (Holmgren, Heidenhain, Hofker, etc.), qui le considèrent comme un bon fixateur nucléaire, mais n'ont pas étudié son action en détail.

Je rappelle que j'ai employé, dans ces essais, les solutions suivantes :

Solution avec 3 pour 100 d'acide monochloracétique;
Solution avec 3 pour 100 d'acide monochloracétique + 20 pour 100 de formol;
Solution avec 3 pour 100 d'acide cyanacétique;
Solution avec 3 pour 100 d'acide cyanacétique + 20 pour 100 de formol;
Solution avec 2 pour 100 d'acide trichloracétique;
Solution avec 2 pour 100 d'acide trichloracétique + 20 pour 100 de formol;

Les objets étudiés ont été les suivants : jeunes plantules de Blé, d'Orge, de Fève, fleurs d'*Hemerocallis flava* à divers états de développement, bourgeons, et feuilles d'*Elodea canadensis*.

---

[1] M. Mascré, *Sur la fixation du chondriome de la cellule végétale* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 866).

La durée de la fixation a été de 2 à 3 jours; les pièces ont été lavées à l'eau très rapidement, pour en éviter le gonflement (très marqué avec l'acide trichloracétique); l'inclusion a été faite à la manière habituelle. Les coupes ont été colorées d'après la méthode d'Heidenhain. L'examen des préparations a été fait avec l'objectif à immersion $\frac{1}{18}$ de Stiassnie et les oculaires compensateurs 4 et 9.

Les deux groupes de fixateurs : acides employés seuls, d'une part, acides additionnés de formol, d'autre part, agissent de la même manière sur les noyaux en cinèse; leur action sur les noyaux au repos est différente.

Noyaux en cinèse. — Tous les fixateurs employés m'ont donné, des divers moments de la cinèse, des images excellentes, de même valeur que les images obtenues après fixation par le liquide de Flemming. Je dirai seulement ici que les images critiques de l'évolution cinétique (dédoublement longitudinal des chromosomes, reconstruction du noyau à la télophase), sont très précises. Le fuseau est généralement bien fixé. C'est après l'emploi des acides monochloracétique et cyanacétique que les images sont les meilleures : les chromosomes métaphasiques ou anaphasiques apparaissent, après une bonne différenciation, avec un contour plus coloré que la partie centrale. Après l'acide trichloracétique, les colorations sont beaucoup plus intenses et plus homogènes.

Noyaux au repos. — J'entends par noyaux au repos ceux qui ne se diviseront plus ou ne se diviseront qu'à de longs intervalles, ceux des feuilles ou des entrenœuds d'*Elodea*, par exemple, et non ceux qui, dans les régions en voie de croissance rapide, sont en interphase.

Après fixation par les acides employés seuls, de tels noyaux montrent, avec une membrane bien précise, indépendamment du nucléole, un réseau filamenteux sur le trajet duquel des grains de forme variable représentent les parties chromatiques. Ce réseau peut apparaître incomplet, mais il est toujours net. Le noyau au repos, fixé par les acides seuls, apparaît donc comme ayant une structure *réticulée*.

Il n'en est pas de même après fixation par les mêmes acides mêlés au formol. Les mêmes noyaux apparaissent alors avec une structure *granulaire*. Outre le nucléole, qu'entoure une zone claire plus ou moins large, la cavité nucléaire se montre remplie de granulations réparties assez uniformément et dont certaines seulement se colorent par l'hématoxyline. Ces grains intranucléaires peuvent être plus ou moins volumineux et plus ou moins serrés. Ils sont parfois assez fins et assez serrés pour donner à la cavité

nucléaire un aspect homogène. Cela est très fréquent chez les feuilles d'*Elodea canadensis*.

L'opposition entre la structure réticulée et la structure granulaire n'est pas toujours aussi absolue que chez les feuilles d'*Elodea*; mais le contraste est toujours très net entre les deux types de préparations.

J'ai comparé les préparations obtenues avec le formol et les acides acétiques substitués à celles que donne le formol neutralisé à des concentrations variant de 5 à 20 pour 100. Les images sont les mêmes; dans le mélange : formol + acides acétiques substitués, l'action du formol est donc dominante.

Il faut faire remarquer ici qu'il règne quelque désaccord au sujet de l'action fixatrice du formol sur le noyau. Noël et Mangenot [1] décrivent aussi dans le noyau fixé par le formol « une masse nucléaire homogène, ou semée de grumeaux chromatiques inconstants ». Mais Martens [2] considère que le « formol dilué » accentue seulement la structure existante, constituée par de minces tractus unissant entre eux les granules.

Dans les préparations observées, c'est bien, dans les noyaux au repos, un ensemble de granulations, ou bien très serrées, ou qui, si elles sont plus indépendantes les unes des autres, n'apparaissent pas réunies entre elles. En tout cas, l'aspect des noyaux fixés en présence de formol est *très différent* de celui des noyaux fixés par les acides seuls.

De nouvelles observations doivent être faites. Dès maintenant, on peut dire que le formol, qui respecte le réseau nucléaire des tout premiers moments de la prophase, détruit celui des noyaux « au repos ». Quoi qu'il en soit de la structure *vraie* de ceux-ci, ce fait témoigne d'une modification chimique du réseau ou du suc nucléaire, au cours de l'évolution du noyau, modification décelable par l'action comparée de certains fixateurs.

---

(1) Noël et Mangenot, *Le formol, fixateur nucléaire* (*C. R. Soc. Biol.*, 87, 1922, p. 1131).

(2) P. Martens, *Le cycle du chromosome somatique dans les Phanérogames* (II), *Listera ovata* (*La Cellule*, 36, 1925, p. 126-214); *La structure vitale du noyau et l'action des fixateurs* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 615).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur les phénomènes de chloroplastogénèse et de régression plastidale dans les cotylédons de diverses légumineuses.* Note [1] de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai étudié dans une Note antérieure l'évolution des plastes dans les cellules cotylédonaires de diverses légumineuses au point de vue de la formation et de la digestion de l'amidon; cette Note a pour but de compléter la précédente en ce qui concerne les phénomènes de chloroplastogénèse et de régression plastidale.

On peut à ce point de vue distinguer trois phases.

Pendant la première qui correspond au cotylédon très jeune, les cellules renferment de petits chloroplastes arrondis qui, tous ou la plupart, sont sans amidon à leur intérieur. Cette phase est des plus nette chez le Pois, la Fève et le Haricot de Lima, elle est peu distincte dans le Haricot commun où l'on aperçoit déjà à ce stade, dans les cellules, de petits grains d'amidon en fuseau entourés d'une écorce chloroplastidale de même contour.

La seconde phase est essentiellement une période d'accroissement de masse du stroma des chloroplastes avec formation simultanée de chlorophylle. C'est une période de chloroplastogénèse avec comme point de départ, non des plastes incolores, mais de petits chloroplastes; elle s'accomplit en même temps que le développement des grains d'amidon qu'ils renferment et que la croissance des cellules cotylédonaires. Cet accroissement chloroplastidal est très accusé chez le Pois à grain ridé et chez le Haricot de Lima; il l'est moins chez le Pois à grain rond et la Fève, et n'est que peu visible chez le Haricot commun. Au cours de cette phase, ceux des plastes qui au début pouvaient renfermer deux ou plusieurs grains se séparent en autant d'unités distinctes n'en renfermant qu'un seul.

La troisième phase est marquée par l'arrêt, qui semble complet, de l'accroissement des cellules, et par la régression des chloroplastes amylifères; elle aboutit pour chacun d'eux à une diminution qui, chez le Pois à grain ridé et le Haricot de Lima, est considérable lorsque la maturation est précoce, de la masse du stroma vert et à la disparition, qui peut être complète lorsque la maturation se fait lentement dans le fruit, de la chlorophylle. C'est pendant ou à la fin de cette troisième période une fois la décoloration atteinte, qu'a lieu la dessiccation de la graine.

---

[1] Séance du 5 décembre 1927.

Si, cette troisième phase terminée, on prélève dans le fruit mûr des cotylédons frais incolores et qu'on les dispose sur du buvard humide, on assiste au bout d'un temps plus ou moins long à une nouvelle période de chloroplastogénèse, qui se traduit par le déclenchement chloroplastogène des écorces incolores entourant les grains volumineux d'amidon, accompagné ou non du développement d'unités antérieurement inactives en plastes verts avec ou sans stade amylogène, et d'une nouvelle croissance des cellules qui, chez certaines espèces comme le Haricot commun, est très appréciable.

Quels sont les rapports de ces diverses phases entre elles? La première est très courte, car l'amidon apparaît de très bonne heure et s'accroît rapidement. La seconde a, suivant les cas, une durée plus ou moins accusée; longue chez les graines à évolution interne complète qui arrivent à la taille normale, elle est beaucoup plus courte chez celles dont la phase d'accroissement cellulaire et de développement amylogène est faible et dont la maturation est précoce et la taille nettement réduite.

On peut d'ailleurs provoquer expérimentalement, à un moment quelconque, le passage des graines à cette troisième phase, en détachant le fruit de la plante et en le laissant dessécher lentement.

J'ai attiré, dans une Note récente, l'attention sur l'importance des phénomènes de chloroplastogénèse au point de vue de l'état physiologique général de la cellule; les recherches d'Emberger et de Mangenot montrent celle du phénomène de la régression plastidale; il n'y a donc rien de surprenant à ce que dans les cotylédons de légumineuses, la régression plastidale concorde avec la période d'hydrolyse. Le fait peut être vérifié facilement sur les graines, dont on provoque expérimentalement la maturation en détachant le fruit de la plante; la croissance des cellules, ainsi que l'accroissement chloroplastidal et amylogène sont arrêtés, et l'on entre dans la période de régression plastidale et d'amylolyse.

Dans le développement naturel de la graine sur la plante le fait est plus difficile à vérifier, à cause de l'extrême lenteur des phénomènes qui rend leurs limites difficiles à observer, mais on peut le faire, avec une précision suffisante, sur les hypocotyles où la disparition de la chlorophylle est rapide et chez lesquels l'apparition de l'hydrolyse est facile à contrôler dans la radicule où elle est très active.

En résumé, l'évolution des plastes chlorophylliens dans les graines des légumineuses étudiées comprend dans son ensemble deux grandes périodes, l'une de chloroplastogénèse accompagnée de synthèse amylacée et de crois-

sance des cellules, l'autre de régression plastidale avec hydrolyse et arrêt d'accroissement.

C'est pendant cette dernière période que s'accomplit la déchéance physiologique plastidale que j'ai signalée antérieurement et qui se traduit en particulier par la perte de la propriété adhésive amylasique du plaste.

Le phénomène de régression plastidale, signalé dans cette Note, est comparable à ceux qui ont été étudiés par Emberger chez les Ptéridophytes et par Mangenot chez les Algues; il en diffère seulement par ce fait que le retour du stroma chlorophyllien à l'état incolore, se produit sans que cette régression soit accompagnée de variation morphologique autre qu'une simple diminution de masse.

BOTANIQUE. — *Sur la cytologie des* Nematospòra. Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

La découverte par Ahsby et Nowel d'un *Nematospora* d'un type très spécial, le *N. Gossypii*, nous a engagé à entreprendre l'étude cytologique des champignons encore très mal connus de genre *Nematospora*.

Le *N. Gossypii*, isolé des graines de Cotonnier atteintes de stigmatomycose, se distingue de toutes les espèces connues du même genre par le fait qu'il se développe exclusivement sous forme d'un mycélium et non à l'état de levures. Sur les milieux solides (moût de bière, gélose, carotte, etc.), il donne une végétation analogue à celle d'une moisissure, sous forme d'un fin duvet blanc. Dans les milieux liquides (moût de bière) le champignon produit de petits flocons mycéliens suspendus dans tout le liquide. Les articles de mycélium sont en général assez espacés et toujours plurinucléaires : le nombre des noyaux varie beaucoup dans les articles des diverses régions du mycélium. Les noyaux offrent une structure très distincte avec une membrane, un gros nucléole et un réseau chromatique. Dans le cytoplasme, on observe la présence de vacuoles remplies de métachromatine et un chondriome formé par des chondriocontes.

Le *N. Gossypii* produit très rapidement dans des milieux solides de très nombreux sacs sporifères, qui ressemblent tout à fait à des asques.

Ces sacs sporifères naissent aux dépens d'articles intercalaires du mycélium qui se renflent, puis forment 16 spores fusiformes, parfois moins. Les articles en voie de se renfler pour se transformer en sacs sporifères renferment toujours plusieurs noyaux, en général deux ou trois, parfois davan-

tage, dans un cytoplasme rempli de petites vacuoles. Ces noyaux subissent alors un certain nombre de divisions qui s'effectuent par un processus tout à fait analogue à celui qui a été décrit dans l'asque des Ascomycètes supérieurs : après un stade d'épaississement du réseau chromatique, on voit apparaître dans l'axe du noyau un mince fuseau achromatique à l'équateur duquel sont placés de petits chromosomes punctiformes : ces derniers se répartissent ensuite entre les deux pôles; la membrane nucléaire et le nucléole persistent jusqu'à la fin du phénomène. Lorsque les mitoses ont pris fin, on constate l'apparition dans l'axe de la cellule d'un cytoplasme très dense et très chromatique (plasme sporogène) dans lequel se trouvent les noyaux, tandis que tout le reste est occupé par un cytoplasme très vacuolaire et rempli de réserves (épiplasme). Le plasme sporogène ne tarde pas à se découper en longs filaments réunis en faisceaux qui peu à peu prennent l'aspect de spores. Celles-ci grossissent en absorbant l'épiplasme. Les spores sont groupées en deux faisceaux dans les deux moitiés du sporange. Elles offrent une région antérieure presque vide, occupée seulement par quelques boules résultant d'une dégénérescence du cytoplasme et qui se termine par une pointe immédiatement au-dessous de laquelle se trouve un petit disque très sidérophile; la région centrale renferme un cytoplasme très dense dans lequel se trouve le noyau; la région postérieure est formée par une sorte d'appendice flagelliforme, très long et très mince, constitué par un plasme homogène et peu colorable. Le sac sporifère, une fois achevé, ne tarde pas à se déchirer et les spores mises en liberté restent souvent réunies en faisceaux et adhérentes les unes aux autres par leur appendice flagelliforme. La germination s'effectue dans la région centrale qui renferme le noyau : celle-ci se gonfle, puis émet un ou plusieurs tubes germinatifs qui reproduisent un mycélium.

Le *N. Coryli* est très différent : sur les milieux solides, il donne une végétation semblable à celle d'une levure et qui se compose de levures de formes et de dimensions extrêmement variables et de filaments mycéliens assez développés. En milieux liquides, il produit au bout de quelques jours un voile délicat. Les cellules levures ne renferment qu'un seul noyau à structure très nette; les articles du mycélium sont souvent uninucléés, mais peuvent contenir plusieurs noyaux. Très rapidement et dans la plupart des milieux solides, le champignon donne naissance à des sacs sporifères qui ont tous les caractères des asques, ceux-ci naissent aux dépens de cellules dérivées d'un bourgeonnement des filaments mycéliens ou de cellules levures, qui s'accroissent et deviennent relativement volumineuses. Ces cellules

ne dérivent pas de la copulation de deux cellules, contrairement à ce qu'on a admis pour le *N. Lycopersici*.

Elles ne renferment toujours qu'un seul noyau au début : celui-ci subit ensuite plusieurs mitoses tout à fait semblables à celles du *N. Gossypii*, puis la cellule forme par le même procédé que dans cette dernière espèce 8 ascospores ou assez souvent un nombre inférieur à 8. Ces spores qui ont la même forme que celles du *N. Gossypii* germent dans leur région médiane qui se gonfle et donne naissance à des levures ou plus rarement à un filament mycélien.

Il résulte de notre étude que le *N. Coryli*, comme le *N. Phaseoli* étudié cytologiquement par Wingard, présente des appareils sporifères qui ont tous les caractères des asques et peut être considéré comme une levure occupant en raison de ses formations mycéliennes une position intermédiaire entre les Saccharomycétacées et les Endomycétacées. Au contraire, le *N. Gossypii*, qui apparemment se rapproche beaucoup des Endomycétacées, s'en éloigne par ses sacs sporifères : ceux-ci, en effet, offrent par leur formation aux dépens d'articles purinucléés les caractères d'un sporange et par tout le reste de son développement ceux d'un asque. Il semble donc que l'on puisse le considérer comme une sorte d'intermédiaire entre le sporange et l'asque et peut-être à ce point de vue conviendrait-il de séparer le *N. Gossypii* du genre *Nematospora* et de le rapprocher des Hémiascées.

ALGOLOGIE. — *Sur un* Spirogyra *fixé, pérennant, se multipliant par marcottage.* Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Le *Spirogyra fluviatilis* Hilse est une des rares Conjuguées dont le thalle vit normalement fixé sur un substratum. On sait en effet que la presque totalité de ces Algues ne forment jamais d'organes fixateurs ou, lorsqu'elles en produisent au début de leur existence, ceux-ci sont de courte durée, de telle sorte que ces végétaux se rencontrent habituellement en amas flottants plus ou moins volumineux. Tel n'est pas le cas de l'espèce considérée, chez laquelle il s'est développé, sous l'influence de la fixation, des caractères particuliers dont l'exposé fera l'objet de cette Note.

Ce qui frappe tout d'abord, c'est la différence très nette qui existe entre la région supérieure et la région inférieure ou basilaire du thalle. Tandis que dans les *Spirogyra* ordinaires toutes les cellules sont équivalentes et possèdent toutes la faculté de se diviser, cette faculté, chez le *Sp. fluviatilis*.

s'est localisée dans les cellules de la région supérieure. Ces cellules ont par suite conservé une membrane mince et leur contenu offre, outre un abondant protoplasme, des chloroplastes spiralés bien développés. En allant vers la base des filaments on remarque que les chloroplastes perdent la forme de rubans spiralés; le contenu cellulaire prend un aspect homogène, plus ou moins granuleux et une coloration vert pâle légèrement jaunâtre; le noyau devient en même temps plus distinct, et la membrane commence à s'épaissir. Cet épaississement s'accentue à mesure que l'on se rapproche de la base du thalle et bientôt il y a à peu près égalité entre l'épaisseur de la membrane longitudinale et la largeur de la cavité cellulaire, qui se trouve, on le voit, considérablement réduite. De tels éléments, séparés les uns des autres par des cloisons transversales également très épaisses, ont un contenu homogène jaunâtre ou brun jaunâtre, attestant la décomposition de plus en plus avancée du pigment chlorophyllien. La cellule terminale porte les rhizoïdes : ceux-ci, en nombre variable, sont des évaginations très irrégulières, pourvues d'une membrane très épaisse et d'une lumière presque filiforme.

Le thalle du *Sp. fluviatilis* offre donc une polarité très marquée. Mais ce n'est pas tout. Sous l'influence de conditions encore non précisées, certaines cellules du sommet des filaments cessent de se diviser et subissent une transformation remarquable. Elles se renflent, deviennent plus ou moins claviformes; en même temps, leurs chromatophores perdent l'état bien connu de rubans spiralés et forment bientôt une masse compacte, uniformément granuleuse, vert foncé, qui occupe toute l'étendue de la cavité cellulaire, à l'exception de l'extrémité apicale, incolore et très riche en protoplasme; de tels éléments sont littéralement bourrés d'amidon; au contact d'une solution iodée ils se colorent entièrement en violet noirâtre. Les cellules ainsi transformées peuvent passer à l'état quiescent et dans ce cas leur membrane s'épaissit un peu. Mais, dans certaines conditions favorables, que je n'ai pas encore déterminées, elles germent immédiatement, sans subir de stade de repos et *sans s'être détachées de la plante mère;* leur extrémité apicale émet 2, 3 ou un plus grand nombre d'évaginations qui sont l'origine d'un nouvel appareil rhizoïdal. Celui-ci, obtenu en cultures sur lames, doit évidemment se fixer dans la nature, lorsqu'il rencontre un support convenable. Le filament primitif se trouve alors attaché par ses deux extrémités à la fois. Que ce filament se rompe en un point, soit accidentellement, soit par gélification de la lamelle moyenne de deux cellules consécutives et l'on aura deux nouveaux individus complètement indépendants. La plante se

multiplie ainsi de proche en proche à la manière d'un fraisier. Ce mode de multiplication, inconnu jusqu'à présent chez les *Spirogyra* et même dans tout le groupe des Conjuguées, distingue le *Sp. fluviatilis* de toutes les autres espèces du groupe. Il explique, d'autre part, pourquoi dans la station où j'ai rencontré cette Algue, celle-ci couvrait une grande étendue, phénomène que la reproduction par voie sexuée ne permet pas de comprendre. Cette reproduction d'ailleurs, par suite d'un balancement physiologique, ne se présente que rarement. Ainsi P. Petit, dans sa Monographie des *Spirogyra* des environs de Paris, déclare ne l'avoir jamais observée. Une étude plus détaillée, accompagnée de dessins, sera consacrée ultérieurement à cette curieuse Conjuguée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un procédé permettant d'extraire, du tourteau d'amande amère, l'amygdaloside (amygdaline) et l'émulsine.* Note de M. **M. Bridel** et Mlle **M. Desmarest**, présentée par M. L. Mangin.

On sait que le tourteau d'amande amère renferme une notable proportion d'amygdaloside, ainsi que les ferments hydrolysant ce glucoside, la glucosidase β et l'amygdalase. Quand on veut extraire l'amygdaloside de ce tourteau, on considère comme nécessaire la destruction préalable des ferments qui pourraient l'hydrolyser au cours des traitements.

Or, lorsqu'on traite le tourteau d'amande amère par percolation à froid avec l'alcool à 70°, le saccharose et l'amygdaloside se retrouvent intégralement dans la colature en dépit de la présence de la sucrase et de la glucosidase β dans le tourteau.

Si l'on fait une percolation fractionnée, on constate qu'en 5 heures, il est passé en solution 90,05 pour 100 du saccharose et 57,40 pour 100 de l'amygdaloside. Le saccharose est entièrement dissous en 8 heures 45 minutes et il faut 12 heures 25 minutes pour dissoudre tout l'amygdaloside. C'est à cause de cette rapidité de dissolution que les ferments n'ont pas le temps d'agir sur ces deux principes immédiats.

Nous avons en conséquence pensé que l'on pourrait, par percolation rapide, extraire du tourteau d'amande amère par l'alcool l'amygdaloside et extraire ensuite du résidu épuisé par l'alcool, le produit fermentaire des amandes, ou émulsine. En effet, une percolation de quelques heures, par l'alcool à 70°, est suffisante pour dissoudre l'amygdaloside et ne peut pas altérer les propriétés des ferments qui restent fixés sur le résidu.

Nous avons réussi facilement à préparer, avec le même tourteau, l'amygdaloside et l'émulsine.

Préparation de l'amygdaloside. — On a lixivié, en 24 heures, 500^{g} de tourteau d'amande amère par 2500$^{cm^3}$ d'alcool à 70^{c}. On a ainsi obtenu une colature renfermant les sucres et les glucosides et un résidu qu'on a séché à l'étuve : il pesait 326^{g}.

Le liquide alcoolique a été distillé au bain-marie. Le résidu aqueux a été filtré pour éliminer l'huile et le liquide limpide a été évaporé à sec, sous pression réduite. Le résidu a été repris, à l'ébullition, par l'alcool à 90^{c} : l'amygdaloside a cristallisé. On l'a purifié par une nouvelle cristallisation. Rendement : 3 pour 100.

Extraction de l'émulsine. — Le résidu de la percolation par l'alcool à 70^{c} a été mis à macérer, pendant 48 heures, dans 4 fois son poids d'eau distillée toluénée. Au bout de ce temps, on a exprimé et filtré et sur le liquide obtenu, on a continué les opérations indiquées pour la préparation de l'émulsine des amandes. Rendement : 1,4 pour 100. Les amandes fournissent sensiblement le même rendement.

L'émulsine du tourteau se présente sous la forme d'une poudre rougeâtre, plus dense que l'émulsine des amandes. Nous avons comparé son activité à celle d'une émulsine d'amande douce préparée au laboratoire suivant le procédé habituel. Nous avons envisagé trois ferments que contient toujours l'émulsine : glucosidase β, lactase et surcrase.

Pour la glucosidase β, on a étudié son activité synthétisante sur le glucose en solution aqueuse concentrée et en solution dans l'alcool méthylique et son activité hydrolysante sur le salicoside (salicine) et le méthyglucoside β en solutions aqueuses.

Pour la lactase, on a étudié son activité hydrolysante sur le lactose en solution aqueuse et son activité synthétisante sur le galactose en solution dans l'alcool à 80°.

Pour la sucrase, on a fait agir les deux émulsines sur le saccharose en solution aqueuse à 2 pour 100.

Il ressort de ces expériences que l'émulsine obtenue avec le tourteau d'amande amère répond aux mêmes essais que celle des amandes douces et qu'il ne peut pas y avoir d'inconvénient à remplacer, dans les recherches de laboratoire, l'émulsine des amandes par l'émulsine du tourteau.

En s'adressant au tourteau pour préparer l'émulsine, on emploie une matière première 6 à 7 fois moins chère que les amandes et qui fournit, en outre, 30^{g} d'amygdaloside par kilogramme.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de l'huile de pépins de raisin.* Note de MM. E. **Carrière** et **Brunet**, présentée par M. Charles Moureu.

M. E. André [1] a séparé les divers acides gras de l'huile de pépins de raisin, en se basant sur les solubilités différentes dans l'alcool des sels de lithium de ces divers acides et sur les solubilités différentes des acides dans l'éther de pétrole. Il a conclu à l'existence des acides palmitique, stéarique, mélissique, oléique, linoléique, et de deux acides alcools de condensation comprise entre C_{14} et C_{16} dont l'un serait saturé et dont l'autre présenterait une liaison éthylénique. Nous nous sommes proposé d'une part, de déterminer les indices caractéristiques de mélange des acides, et d'autre part d'étudier la constitution de l'huile. C'est un échantillon d'huile industrielle qui nous a servi pour ces essais.

Indices caractéristiques du mélange d'acides gras et de l'huile elle-même. — Le poids d'acides insolubles dans 100^g d'huile a été de 93^g,2. Le taux d'acides solubles pour 100^g du mélange d'acides a été de 0,85 pour 100 exprimé en acide butyrique. Le taux d'acides volatiles contenu dans 100^g du mélange d'acides a été de 0,5 pour 100 exprimé en acide butyrique. Le taux d'insaponifiable pour 100^g d'huile a été de 5,75 pour 100. Cet insaponifiable présentait les réactions caractéristiques des tanins vis-à-vis de l'alun ferrique, de l'eau de brome, du sulfate de cuivre. L'huile que nous avons utilisée avait une acidité en acide oléique de 29,7 pour 100, un indice d'acide déterminé suivant la méthode d'Hanus de 127, un indice d'acétyle déterminé suivant la méthode de M. André [2] de 28,7.

Séparation et caractérisation des divers acides. Séparation par refroidissement. — Le mélange d'acides gras, abandonné à une température d'environ 10°, se solidifie partiellement, dans la proportion d'environ 25 pour 100. Les acides solides ont un poids moléculaire moyen de 294,5 et un indice d'iode de 108; les acides restés liquides ont un poids moléculaire moyen de 302 et un indice d'iode de 131.

Précipitation fractionnée des acides gras à l'état de sels de calcium. — Dans le but d'obtenir une meilleure séparation des acides gras, nous avons ajouté à la solution alcoolique bouillante du savon de soude correspondant à l'huile de pépins de raisin, un volume déterminé d'une liqueur titrée de chlorure de calcium pour précipiter le quart des acides gras. Les sels de calcium sont essorés et le filtrat porté à l'ébullition est additionné d'un peu d'alcool et d'un volume d'une solution de chlorure de calcium égal à celui employé la première fois. Les sels de calcium précipités sont essorés et

---

(1) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1296 et 1413; **175**, 1922, p. 107; **176**, 1923, p. 686 et 843.

(2) *Bull. de la Soc. chim.*, 4e série, **37**, 1925, p. 335.

sur le filtrat on répète une troisième addition du même volume de la liqueur titrée de chlorure de calcium.

On procède enfin, sur le nouveau filtrat, à une quatrième addition du même volume de la liqueur titrée de chlorure de calcium. La masse liquide doit être agitée pour favoriser la cristallisation des sels de calcium. On obtient ainsi quatre fractions de sels. La première fraction, par acidification, donne un mélange d'acides fondant à 49° d'où, par des cristallisations fractionnées dans l'alcool, on isole l'acide stéarique caractérisé par son point de fusion 68°, son poids moléculaire 285, son indice d'iode et son indice d'acétyle nuls. Le nombre de cristallisations fractionnées dans l'alcool peut être diminué en appliquant aux acides de la première fraction la méthode de cristallisation fractionnée des sels de calcium qui vient d'être exposée.

Nous avons notamment opéré ainsi pour séparer les acides stéarique et palmitique contenus dans le mélange d'acides solides obtenu par refroidissement à 10° du mélange d'acides gras de l'huile de pépins de raisin. Après isolement des acides palmitique et stéarique, correspondant à la première fraction, il reste toujours des acides visqueux de poids moléculaire élevé, d'environ 340.

Les indices des acides des deuxième, troisième et quatrième fractions des sels de calcium ont été les suivants :

	Deuxième fraction.	Troisième fraction.	Quatrième fraction.
Poids moléculaire moyen	318	300,4	308
Indice d'acétyle	20,7	16	6,4
Indice d'iode	137,2	146	150,1

L'indice d'acétyle diminue, tandis que l'indice d'iode augmente avec le rang du fractionnement.

L'essai de formation d'hexabromure, suivant la méthode d'Halphen, telle qu'elle est décrite dans son ouvrage « sur les huiles et graisses végétales » (p. 198), n'ayant rien donné, nous en avons déduit que l'acide linolénique ne se trouvait pas parmi les acides liquides.

Nous avons caractérisé l'acide oléique et l'acide linoléique en oxydant les acides liquides des 2e, 3e et 4e fractions par le permanganate de potassium en milieu alcalin. Il y a formation d'acides polyhydroxylés que l'on sépare par cristallisations fractionnées dans l'alcool. Nous avons reconnu aussi l'acide tétraoxystéarique caractérisé par son point de fusion 170° et par son poids moléculaire 347 correspondant à l'acide linoléique et l'acide dioxystéarique caractérisé par son point de fusion 135° correspondant à l'acide oléique.

Les acides visqueux de poids moléculaire élevé, obtenus à partir de la première fraction, après séparation des acides palmitiques, ont été soumis à l'oxydation par le permanganate de potassium en milieu alcalin. Nous avons reconnu, dans ces conditions, la formation d'acide tétraoxystéarique et d'oxyde dioxybénique $C^{22}H^{42}O^2(OH)^2$ caractérisé par son point de fusion 133° et son poids moléculaire 372. Mentionnons que l'acide érucique $C^{22}H^{42}O^2$, signalé en 1871 par Fitz (*Berichte*, année 1871, p. 444) comme constituant de l'huile de pépins de raisin, n'avait plus été reconnu, depuis lors, par ceux qui ont analysé cette huile.

En résumé, la composition approximative des acides de l'huile de pépins de raisin que nous avons étudiée est la suivante :

Acide stéarique, 10 pour 100. Acide palmitique, 5 pour 100. Acide érucique, 5 pour 100. Acide alcool, 10 pour 100. Acide oléique, 20 pour 100. Acide linoléique 50 pour 100. La présence d'acide érucique justifie le poids moléculaire moyen élevé, voisin de 300. Mentionnons que l'huile de pépins de raisin, relativement visqueuse, n'est point susceptible de remplacer l'huile de ricin pour le graissage des moteurs; elle se résinifie par les chauffages prolongés.

CHIMIE AGRICOLE. — *L'influence du soufre et des produits de sa solubilisation dans le sol sur la nitrification.* Note de M. **G. Guittonneau**, présentée par M. Lindet.

Les produits intermédiaires de l'évolution biochimique du soufre qui apparaissent au cours d'une ammonification active, dans les conditions précisées par une précédente Note ([1]), sont de nature à influencer profondément l'activité des microorganismes autotrophes du sol.

En particulier, c'est à la présence de ces produits qu'il convient d'attribuer l'arrêt momentané de la nitrification que l'on provoque régulièrement dans les sols riches en azote organique et largement pourvus de carbonate de calcium, lorsqu'on les traite par de fortes doses de soufre élémentaire.

Une telle interprétation des faits m'a été imposée par les résultats que j'ai obtenus au cours d'une série de recherches dont la présente Note résumera les phases les plus importantes.

I. L'observation directe m'a fourni de précieuses indications sur les relations qui peuvent exister, dans la terre elle-même, entre le cycle évolutif de l'azote et celui du soufre. On s'en rendra compte en examinant le tableau I dont tous les chiffres se rapportent à 1^{kg} de terre sèche.

Ce tableau résume, à titre d'exemple, les résultats d'une expérience au cours de laquelle j'ai suivi, dans la terre du jardin de l'Institut agronomique de Paris, l'évolution de l'azote de la peptone, en présence et en absence de soufre, en même temps que l'évolution du soufre lui-même.

([1]) G. Guittonneau et J. Keilling, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 898.

TABLEAU I

Temps écoulé depuis le début de l'expérience.	*Lot* n° 1. Terre + CO^3Ca = 12g + Peptone = 5g. Azote ammoniacal.	Azote nitrique.	*Lot* n° 2. Terre + CO^3Ca = 12g + Peptone = 5g + Soufre = 2g,5. Azote ammoniacal.	Azote nitrique.	Soufre des produits intermédiaires.
	mg	mg	mg	mg	mg
14 jours.......	188	153	343	27	406
34 jours.......	31	360	290	34	572
63 jours.......	16	396	177	63	66
169 jours.......	13	472	23	192	0

Indépendamment de toute considération relative à la dinitrification, les chiffres du tableau I mettent en évidence une coïncidence manifeste entre l'arrêt plus ou moins complet de la nitrification dans la terre du lot n° 2 et la présence, dans cette même terre, des produits intermédiaires de l'évolution biochimique du soufre. Au bout d'une soixantaine de jours, ces produits disparaissant, la nitrification reprend activement.

Mais une expérience de cette nature ne peut démontrer avec netteté que ce sont les produits intermédiaires de l'évolution biochimique du soufre et non le soufre lui-même qui paralysent la nitrification.

II. Pour trancher cette question, j'ai été conduit à préciser les conditions de mes recherches en m'adressant à des milieux électifs plus simples et mieux définis que le sol.

Sur des plaques de silicogel, préparées suivant la technique récemment indiquée par M. Winogradsky (¹) et imprégnées d'une solution nutritive purement minérale, le soufre se transforme directement en sulfates, sous l'action des microorganismes autotrophes, sans jamais donner naissance à aucun produit intermédiaire. Aux solutions nutritives dont on imprègne les plaques on peut d'autre part incorporer des hyposulfites, composés, qui, parmi les produits intermédiaires de l'évolution biochimique du soufre dans le sol, représentent le terme le plus stable et le mieux caractérisé.

Le problème qui restait posé après mes premières études pouvait donc être facilement résolu grâce à l'emploi des plaques de silicogel. Le tableau II précise par un exemple quelle solution lui ont donnée mes recherches.

(¹) S. WINOGRADSKY, *Annales de l'Institut Pasteur*, 39, avril 1925, p. 348.

Dans l'expérience que résume le tableau II, j'ai fait usage de plaques de silicogel de 20^{cm} de diamètre imprégnées des divers éléments minéraux contenus dans le milieu d'Omeliansky. L'azote était ajouté à ce milieu, soit sous la forme de sulfate, soit sous la forme d'hyposulfite d'ammonium. Les plaques étaient dans tous les cas saupoudrées d'un grand excès de carbonate de calcium auquel j'avais incorporé, pour l'ensemencement, $0^{g},500$ de terre en pleine nitrification.

Les têtes de colonne I, II, III, IV du tableau indiquent les particularités des diverses plaques étudiées et les chiffres inscrits dans les colonnes représentent en milligrammes l'azote ammoniacal ou l'azote nitreux et nitrique que j'ai trouvé dans chacune d'elles au bout de 20 jours d'expérience.

Tableau II.

	I.	II.	III.	IV.
Azote ammoniacal..........	30^{mg}	60^{mg}	$79^{mg},5$	26^{mg}
Azote oxydé.....	42^{mg}	0^{mg}	0^{mg}	33^{mg}

I. Sulfate d'ammonium (400^{mg}). II. Sulfate d'ammonium (400^{mg}) + hyposulfite de sodium (1000^{mg}). III. Hyposulfite d'ammonium (500^{mg}). IV. Sulfate d'ammonium (400^{mg}) + soufre en couverture.

La lecture du tableau II rend manifestes les deux faits suivants : 1° la présence du soufre n'arrête pas la nitrification lorsque ce métalloïde se transforme directement en sulfates; 2° aux doses que j'ai employées, les hyposulfites apportent une entrave à peu près absolue à l'oxydation microbienne de l'ammoniaque.

Dans le cadre de mes recherches, je n'ai donc jamais eu à tenir compte de l'action nocive que peut exercer sur les ferments nitrificateurs l'acide sulfurique résultant de l'oxydation du soufre. Mes observations diffèrent en cela radicalement de celles qu'a publiées Vogel en 1914 [1].

ENTOMOLOGIE. — *La lutte contre les Moustiques par la concurrence larvaire entre zoophiles et androphiles.* Note [2] de M. **J. Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai signalé en 1923 l'existence à Portrieux d'une race de *Culex pipiens* strictement zoophile et androphobe. La répugnance de ce moustique breton pour l'homme me donna l'idée d'essayer de le substituer à la même espèce de Pons où elle avait un goût marqué pour l'homme.

(1) Vogel, *Centralblatt, fur Bakteriologie*, 2e série, 40, 1914, p. 60 et suiv.

(2) Séance du 5 décembre 1927.

En juin 1923 je transportai de Portrieux à Pons des œufs et des larves du Culex breton dont j'élevai la première génération à l'état pur sous mon contrôle jusqu'à leur envol à l'état d'insectes parfaits. J'espérais que dans les gîtes peu nombreux, clos et de superficie restreinte où les deux races déposeraient leur ponte, les larves du Culex breton concurrenceraient celles du Culex saintongeais et en réduiraient l'effectif.

J'ai relaté en 1924 comme résultat de ce transfert la substitution du Culex androphobe au Culex androphile et l'absence à Pons de moustiques se nourrissant sur l'homme.

Revenu à Pons trois ans plus tard, il était intéressant de vérifier si cette situation favorable s'était maintenue. De mi-juillet à mi-octobre 1927, j'ai observé presque journellement les *C. pipiens* de la petite ville dont la multiplication a été favorisée par la fréquence des pluies qui ajouta aux gîtes clos artificiels permanents (auges, tonneaux) des cours et jardins des gîtes artificiels étendus, par stagnation d'eau pluviale dans les fossés.

Un de ces gîtes naturels, urbain, de 30^{m} sur 20 à 50^{cm}, existait à 10^{m} d'une habitation et à 100^{m} à vol de moustique, de mon domicile. Ce gîte pullulait de larves et de pupes de *C. pipiens*, ses bords d'imagos mâles et femelles. Malgré cela les habitants de la maison contiguë affirment n'être jamais piqués et ne voir que très rarement un moustique.

Tout en suivant ces moustiques à leur point d'origine, je les observais à mon domicile, dans les chambres, dans le poulailler à 10^{m} et une remise à 30^{m} de l'habitation.

En trois mois j'ai vu dans ma *chambre* 6 femelles de *C. pipiens* ne contenant pas de sang.

Dans la *remise*, où il n'y avait aucun animal domestique ou sauvage, j'ai compté en trois mois 26 mâles et 61 femelles. Aucune de celles-ci ne contenait de sang, ni frais ni en voie de digestion.

Dans le *poulailler*, où logeaient 7 poules (6 noires, 1 blanche) il a été compté en trois mois, par une inspection quotidienne, à 9^{h}, 21 mâles et 105 femelles. Parmi celles-ci 55 étaient gorgées de sang frais reconnu au microscope à hématies nucléées, de poule évidemment.

De tout l'été, à aucun moment, ni de jour ni de nuit, les enfants, jeunes gens et adultes habitant la maison et stationnant de longues heures au jardin, n'ont été approchés ni piqués par un moustique.

De ces observations on peut conclure que la race de *C. pipiens* breton androphobe, dont j'ai noté en 1924 la substitution à Pons à la race saintongeaise androphile, a maintenu depuis trois ans sa position. Contrairement

à ce que j'ai observé à Portrieux, elle visite les poulaillers mais en petit nombre, vu la multitude de moustiques, l'absence ou la rareté d'autres animaux domestiques. Je n'ai pas noté d'autre changement. Aujourd'hui, à Pons comme à Portrieux, de nombreux Culex naissent et vivent près de l'homme sans que les habitants en soupçonnent l'existence, il faut les chercher pour les voir et l'on n'arrive pas à s'en faire piquer.

Quelle est l'aire de dispersion spontanée de la race androphobe? Je ne l'ai pas recherché. A 20 et à 30^{km} de Pons les habitants de deux localités importantes sont toujours tourmentés par les moustiques, ce que beaucoup de particuliers et de municipalités croient aussi inévitable que la pluie. La distance de plusieurs kilomètres qui sépare souvent les bourgs et villages sera rarement franchie par l'insecte ailé à moins de circonstance fortuite. Là où il serait transporté le Culex androphobe trouverait des conditions plus ou moins favorables à l'éviction de ses concurrents.

La lutte contre les moustiques par *concurrence larvaire* entre zoophiles et androphiles, que j'ai nommée *entomoprophylaxie*, est simple et peu onéreuse. Elle trouve en Europe des indications nombreuses. Elle s'ajoute aux méthodes de destruction des larves par les poissons et de protection contre les imagos par le bétail et la basse-cour que j'ai souvent recommandées ici pour nos colonies, l'Afrique du Nord et la Corse.

La vie de relation des insectes est encore entourée de mystères que l'homme a profit à dévoiler pour sauvegarder sa nourriture et son bien-être. Contre les insectes prédateurs ou pathogènes les méthodes naturelles sont supérieures aux procédés physico-chimiques à la mode.

ZOOLOGIE. — *Excrétion* in vitro *du bleu de méthylène par les vésicules rénales d'une Ascidie.* Note de M. **Maurice Azéma**, présentée par M. F. Mesnil.

La méthode des injections physiologiques de colorants, employée dans l'étude de l'excrétion, présente dans son application aux *Ascidiidæ* des difficultés importantes, tant par la constitution anatomique de ces animaux, que par la nature de leur organe excréteur.

Mais d'un autre côté, la très grande facilité avec laquelle les vésicules constituant le rein d'*Ascidiella aspersa* (Müll.) peuvent être isolées, m'ont amené, avec les circonstances précédentes, à tenter l'étude de l'excrétion *in vitro* de quelques colorants utilisés généralement en injections physiologiques.

Je me bornerai à rapporter ici l'étude de l'élimination du bleu de méthylène.

Les vésicules rénales isolées étaient immédiatement déposées dans de l'eau de mer renfermant le colorant à des concentrations variées : $0^g,0005$ = sol. 1, $0^g,001$ = sol. 2, $0^g,002$ pour 100 = sol. 3. L'influence du degré de concentration s'est traduite seulement par un décalage dans la succession des étapes de l'excrétion du bleu de méthylène. Au bout de quelques heures (2 heures pour la sol. 3, 3 heures pour 2, 4 heures pour 1), apparaît dans la lumière des vésicules une faible coloration bleue. Cette coloration va en s'accentuant, et c'est seulement plus d'une heure après son apparition que la vacuole des cellules rénales commence à accumuler le colorant d'une façon visible. Rapidement la coloration des vacuoles devient beaucoup plus intense que celle de l'intérieur de la vésicule et cette différence, liée à la différence importante de pH de ces deux milieux, a persisté pendant toute la durée des expériences. La concrétion des vésicules, qui n'avait jusqu'ici présenté aucune modification, commence maintenant à adsorber le colorant. Puis, sur cette coloration primitivement uniforme apparaissent une grande quantité de petites taches bleu foncé. Ces petites gouttes représentent un état particulier de condensation du colorant, précédant l'état cristallin. En effet ces gouttes s'allongent peu à peu, confluant parfois entre elles, et finissent par former à la surface de la concrétion un réseau de flaques anastomosées plus ou moins irrégulières.

Ce stade de l'élimination du bleu de méthylène qui a duré de 4 à 8^h, précède de très près un stade très caractéristique, qui est celui de la cristallisation du colorant accumulé. Cette cristallisation se fait d'une manière progressive et l'on peut suivre la formation des éléments cristallins à partir des flaques de colorant. Les cristaux qui couvrent alors la concrétion se présentent sous la forme de baguettes réfringentes, à terminaisons tronconiques, d'une couleur bleu violacé nettement différente de celle des formes précédentes d'élimination du colorant. La cristallisation du bleu de méthylène à l'intérieur de la vésicule marque l'état de saturation de celle-ci. On n'observe en effet, pendant les heures qui suivent l'apparition de cet équilibre, aucune modification des cristaux ou de la coloration de la cavité vésiculaire. La vésicule rénale peut cependant vivre encore plusieurs heures bien qu'elle ait cessé d'être fonctionnelle. La preuve en est dans le fait que les vacuoles de l'épithélium vésiculaire continuent à se charger de colorant. Malgré les conditions assez anormales auxquelles étaient soumises les vésicules pendant ces expériences, leur durée de vie dans les solutions de bleu de méthylène a facilement atteint et souvent dépassé 24 heures.

Ces expériences mettent nettement en évidence la possibilité d'une excrétion liquide très active, au cours de laquelle la vacuole ne joue aucun rôle. Celle-ci, dans les premiers temps du passage du bleu de méthylène, ne se colore même pas; et ultérieurement elle accumule le colorant sans jamais le déverser à l'intérieur de la vésicule. Cette excrétion liquide se fait donc par toute la surface de la cellule rénale, extrêmement mince; aussi est-elle très rapide. On peut également considérer cette vitesse d'accumulation comme un caractère de cellules excrétrices peu évoluées, dans lesquelles le produit en voie d'élimination subit peu de remaniements à l'intérieur de la cellule. En effet le chondriome de ces éléments, facilement décelable par les techniques usuelles, n'est jamais coloré au passage du colorant, comme Turchini l'a montré pour des cellules rénales plus nettement spécialisées.

Ces expériences montrent non seulement la séparation des deux types d'excrétion, mais aussi leur indépendance réciproque. En effet, pendant toute la durée de l'accumulation du bleu de méthylène, je n'ai pu observer l'élimination des petites concrétions intravacuolaires représentant l'excrétion solide dans cet organe. Cette indépendance des deux modes d'excrétion, réalisée ici expérimentalement, existe également dans le fonctionnement normal des vésicules rénales. Les concrétions des très jeunes vésicules sont souvent exclusivement cristallines, généralement amorphes et irrégulières; enfin, parfois, mixtes, la concrétion amorphe étant accompagnée d'une ou plusieurs concrétions nettement cristallines. L'excrétion peut donc être soit exclusivement liquide, c'est le cas fréquent des très jeunes vésicules; le plus souvent les deux modes d'excrétion se superposent, naturellement ou par remaniements ultérieurs; enfin l'un des deux types peut acquérir une prépondérance transitoire, au cours du fonctionnement de la vésicule.

Les deux modes d'excrétion généralement assurés, dans le rein de la plupart des Invertébrés, par deux types cellulaires bien distincts, sont ici réunis en un type cellulaire unique. Ils gardent cependant toute leur indépendance, comme dans les organes où des cellules beaucoup plus différenciées forment des régions nettement spécialisées, soit dans l'excrétion solide, soit dans l'excrétion liquide.

Alors que, dans la généralité des animaux, on ne peut guère, semble-t-il, imaginer le fonctionnement du rein, indépendamment de la coordination générale de l'organisme, on voit par ce qui précède que, chez les *Ascidiidæ*, il est possible d'isoler expérimentalement l'organe excréteur et d'obtenir *in vitro* la continuation d'une activité physiologique propre.

BIONOMIE MARINE. — *Rapport entre le pouvoir réducteur de l'eau de mer et la répartition des organismes du littoral.* Note de M. **Édouard Fischer**, présentée par M. L. Mangin.

Parmi les facteurs, composants du milieu marin, qui agissent sur la répartition des organismes littoraux, on a déjà envisagé la teneur de l'eau en matières organiques; notamment de Beauchamp [1] a fait des hypothèses très plausibles sur l'influence de ce facteur. Mais cette question n'a jamais été étudiée de très près, ni fait l'objet de mesures. La teneur en matières organiques suspendues peut s'estimer facilement, en la supposant proportionnelle à la quantité de vase qui trouble l'eau, mais la teneur en matières organiques dissoutes nécessite des dosages. A titre de première approximation, on peut s'en faire une idée en mesurant le pouvoir réducteur de l'eau de mer filtrée, sur le permanganate employé en milieu alcalin comme l'a fait Natterer [2]. Cette méthode ne saurait donner des valeurs absolues, car elle comporte des causes d'erreurs (oxydation incomplète en milieu alcalin; action des chlorures en milieu acide où se fait la fin du dosage). Mais, en opérant dans des conditions strictement définies, on peut constituer une échelle de repérage, qui a une valeur comparative incontestable, ainsi que la pratique me l'a montré. Les degrés de cette échelle seront indiqués par le nombre de centimètres cubes de permanganate réduit au cours du dosage. Le pouvoir réducteur de l'eau de mer, prise près de Saint-Malo à mi-marée, s'établit alors aux environs de 12. Il subit certaines variations qui s'effectuent en peu de jours : 13 le 24 juillet 1927, 10 le 9 août, 12 le 27 août. En outre, il varie très régulièrement selon les phases de la marée : maximum 2 heures après la pleine mer (13 le 27 août), minimum 2 heures après le bas (11 le 27 août).

Ceci posé, je vais montrer l'utilité de ces dosages dans les recherches de bionomie marine, en traitant, à titre d'exemple, de la répartition d'un groupe de deux espèces, le Ver *Sabella pavonia* Sav., et le Mollusque *Nassa reticulata* L., constamment associés dans la région de Saint-Malo. Quels sont les facteurs essentiels qui conditionnent leur présence? Examinons les qualités du substratum, puis de l'eau ambiante. Ces deux espèces sont connues comme habitant les dépôts meubles, et l'on pourrait supposer que leur existence est conditionnée par la présence de sable vaseux, où la

(1) P. de Beauchamp, *Les grèves de Roscoff.* Paris, 1914, p. 1.
(2) C. Natterer, *Denkschriften der K. Akad. Wien*, 59, 1892, p. 83.

première implante son tube, et où la seconde peut s'enfouir. Cette condition est certainement favorable, mais non nécessaire. En effet, j'ai rencontré ces espèces en grande abondance, dans des conditions tout à fait inattendues : dans la chambre de la turbine du moulin de La Richardais, les Nasses peuplent les dalles du seuil de sortie, et les tubes de Sabelles sont insérés, parmi d'autres espèces, sur les tiges de fer de la machinerie; dans le bassin à flot de Saint-Servan, les Sabelles abondent sur la maçonnerie verticale (les Nasses habitent le sol vaseux).

Parmi les qualités de l'eau ambiante, j'ai étudié la température, la salinité, le pH, la teneur en oxygène, sans pouvoir établir la moindre correspondance entre leurs variations et la répartition des Sabelles et Nasses. Voyons ensuite si la *matière organique en suspension* a une influence. Les deux espèces prospèrent dans les herbiers, où l'eau est très trouble (200^{mg} de cendres par litre, au lieu de 8^{mg} sur les rochers), et à Port-Saint-Jean, étranglement de la Rance, où le courant violent charrie beaucoup de vase (2^{g} de cendres par litre); en ce dernier point les Nasses sont innombrables, et l'on compte jusqu'à 50 Sabelles par décimètre carré. Mais à la turbine de La Richardais l'eau est assez pure ($30^{mg}/_{l}$), et dans le bassin de Saint-Servan elle est très limpide (8^{mg}). La matière organique en suspension est donc peut-être un facteur favorisant, mais non essentiel.

Par contre, en toutes les stations où ces espèces pullulent, l'eau est riche en *matières réductrices dissoutes :* herbiers à marée basse, pouvoir réducteur 14 à 17; Port-Jean, marée basse, 17 à 20; La Richardais, chambre de turbine 14 à 25; Saint-Servan, bassin à flot, 14 à 20. Il y a là vraisemblablement, une relation de cause à effet. Quel est le sens de cette relation? La richesse en matières réductrices dissoutes est-elle la cause de la luxuriance des animaux cités, ou sa conséquence? A Port-Saint-Jean et sur la turbine de La Richardais, l'eau est incessamment renouvelée, et provient dans ces deux cas de régions presque azoïques : or elle est aussi réductrice avant son arrivée qu'après son départ. Je puis donc admettre son action favorisante.

La richesse en matières réductrices dissoutes n'entraîne pas obligatoirement la présence des Nasses et Sabelles : ces espèces manquent dans les cuvettes des rochers, où le pouvoir réducteur va pourtant de 14 à 22; sans doute en sont-elles chassées par les vagues, ou par le pH qui y atteint des valeurs énormes ([1]). Il n'en reste pas moins que ce facteur semble agir au

---

([1]) E. FISCHER, *Bull. Institut Océanographique*. Monaco, n° 505, 1927, p. 1.

premier chef sur leur répartition, et peut expliquer notamment leur présence sur des substrats aussi anormaux que ceux que j'ai cités.

Je ne donne ici qu'un exemple de l'action des matières réductrices dissoutes, mais j'ai constaté qu'elle s'exerce de même sur d'autres espèces, principalement des Bryozoaires, Polychètes, Cirripèdes, Mollusques, Tuniciers.

En outre de leur intérêt explicatif en bionomie marine, des faits de ce genre seraient à prendre en considération lorsqu'on agite, après Pütter (1), et comme Ranson (2) l'a fait encore récemment, la question de savoir si les matières organiques dissoutes entrent pour une part importante dans l'alimentation des animaux marins. Car il est possible (sans que je puisse rien affirmer à ce sujet) que l'action favorisante dont je viens de parler soit une action nutritive.

BIOLOGIE. — *Sur l'interruption de la montée des Saumons par la diminution de la teneur du cours d'eau en oxygène dissous.* Note de MM. **Chevey**, **L. Roule** et Mlle **Verrier**, présentée par M. Joubin.

Au cours de recherches entreprises sur les qualités propres aux cours d'eau fréquentés par les Saumons, par opposition avec ceux où ces poissons n'entrent point, nous avons été frappés des caractères particuliers offerts par la Dordogne. Cette rivière, très riche en Saumons jusqu'à la seconde moitié du siècle dernier, n'en reçoit à peu près plus aujourd'hui, après une période de transition où le chiffre des individus est allé en déclinant, après des oscillations annuelles de haut et de bas. On a attribué cette diminution si accentuée à l'imperfection des échelles annexées au barrage de Tuilières, en amont de Bergerac. Nos études montrent que la cause effective doit être plutôt cherchée dans la faible proportion de l'oxygène dissous que contient l'eau de la rivière, cette proportion étant insuffisante pour convenir aux intenses besoins respiratoires des saumons pendant leur montée génétique.

Nos recherches, prolongeant et étendant celles que l'un de nous a faites précédemment, permettent d'opposer, en tant qu'oxygène dissous (dosages effectués par la méthode de Winckler), les rivières recevant des Saumons à celles qui n'en reçoivent point. Dans la saison présente, qui est celle de l'entrée des grands Saumons d'hiver en eau douce, où la température habituelle des cours d'eau de notre pays est comprise

(1) A. Pütter, *Zeitschrift f. allg. Physiol.*, 7, 1907, p. 511.
(2) G. Ranson, *L'absorption des matières organiques*. Paris, 1927, p. 1.

entre 7° et 12° centigrades, nous avons trouvé une proportion d'oxygène dissous supérieure à 7^{cm^3} par litre dans toute l'étendue des rivières où les Saumons remontent, tandis que cette proportion reste comprise entre 5^{cm^3} et 6^{cm^3} dans celles où les Saumons ne pénètrent point. Or la Dordogne, dans ses parties basses et moyennes, se rapproche davantage des secondes que des premières. Elle a donné $6^{cm^3},22$ au Bec d'Ambès, $6^{cm^3},26$ en amont du barrage de Tuilières, $6^{cm^3},12$ en aval du confluent avec la Couze. Par contre, elle a donné $8^{cm^3},08$ en amont de ce confluent, $7^{cm^3},67$ à Souillac, et $8^{cm^3},32$ à Argentat, auprès de la tête du bassin.

Le cours de la Dordogne, quant à sa teneur en oxygène dissous, élémen indispensable à la respiration des Poissons, est donc scindé en deux parties : l'une, de taux inférieur, située du côté par où devraient accéder les Saumons dans leur montée; l'autre, de taux supérieur, en amont de la première. La différence, s'élevant à près de 2^{cm^3} par litre, s'établit sur un espace de quelques centaines de mètres, au voisinage d'un important et relativement récent ensemble d'usines à papier, qui déversent dans la rivière leurs eaux résiduaires contenant des substances organiques dissoutes, ou en suspension. L'oxydation de ces substances s'effectuant aux dépens de l'oxygène dissous dans l'eau de la rivière, la teneur de ce dernier diminue. Cette restriction se maintenant en aval, il en résulte que la Dordogne, de ce fait, possède aujourd'hui un régime peu différent de celui des rivières interdites à l'accession des Saumons, régime qu'elle ne possédait pas autrefois, la teneur de l'amont se prolongeant alors à l'aval sans altération.

Un autre point intéressant est que cette interdiction, d'origine respiratoire, ne s'adresse qu'aux Saumons. Les substances organiques dissoutes n'étant pas toxiques, ou leur pouvoir toxique étant diminué par la dilution, les autres espèces de Poissons, dont les exigences de respiration sont inférieures à celles des Saumons, ne se montrent pas incommodées. Elles continuent à subsister et à fournir leur appoint à la pêche. Plusieurs migrateurs, comme les Aloses, continuent à fréquenter la rivière. Les Saumons seuls sont atteints. Il y a, dans cette diversité de conduite, en sus des applications techniques et économiques, une intéressante notion relevant de la biogéographie des espèces migratrices et de ses variations, le cas de la Dordogne pouvant se retrouver ailleurs.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude physiologique du glutathion par la méthode des perfusions.* Note de MM. **René Fabre** et **Henri Simonnet**, présentée par M. L. Guignard.

Au cours d'expériences instituées en vue d'une étude physico-chimique des liquides de perfusion d'organes, nous avons été conduits à faire un certain nombre d'observations au sujet du glutathion, et en particulier au

sujet de l'état sous lequel ce dipeptide sulfuré existe dans les cellules vivantes.

La perfusion du foie de lapin est effectuée au moyen de liquide de Ringer (pH = 8,1), celui-ci pénétrant dans le foie par la veine porte et sortant par la veine sus-hépatique. La température de l'organe est maintenue constante (37°), et le débit du liquide est réglé à 10^{cm^3} par minute. Dans ces conditions, on constate que la réaction du perfusat demeure fixe au cours de l'expérience (pH = 7); d'autre part, le dosage du glutathion réduit dans le liquide sortant du foie donne des résultats sensiblement constants, et remarquablement faibles. Ils ont été de l'ordre de 5 à 8^{mg} pour 100^{cm^3} dans les dix essais pratiqués. A la fin de la perfusion, la teneur en glutathion du liquide s'abaisse petit à petit, et, si l'on effectue un dosage dans un lobe de foie perfusé pendant 3 heures 20 minutes au moyen de 2^{l} de solution, on trouve une quantité notable de glutathion réduit qui, pour un foie de 110^{g}, est de l'ordre 45^{mg}, le dosage dans un lobe au début de l'expérience ayant donné un taux de 207^{mg} pour 100^{g}.

Si, parallèlement aux dosages de glutathion réduit dans le perfusat, on pratique des dosages de glucose, on observe qu'après avoir été, au début de l'essai, de $3^{g},50$ à $4^{g},50$ pour 1000^{cm^3}, le taux de glucose s'abaisse très rapidement à $0^{g},650$-$0^{g},700$ pour 1000^{cm^3}, pour devenir, après 1 heure et demie de perfusion, légèrement inférieur à $0^{g},500$ pour 1000^{cm^3} (quantité de glucose contenue dans le liquide de Ringer utilisé). La quantité de glycogène du foie, qui, dans une de nos expériences, était de $3^{g},53$ pour 100^{g}, diminue en même temps que le taux de glucose du perfusat, pour devenir finalement nulle.

Il est toutefois facile de faire passer le glutathion dans le liquide de perfusion. Il suffit de détruire l'équilibre physico-chimique de la cellule, en effectuant la circulation artificielle soit avec de l'eau distillée, soit avec du liquide de Ringer additionné de toxiques tels que le chloroforme ou le cyanure de potassium.

Dans le cas de l'eau distillée, très rapidement la réaction spécifique du glutathion (réaction au nitroprussiate ammoniacal) devient fortement positive, et dans les 100 premiers centimètres cubes de perfusat, le taux de glutathion réduit s'élève à 50^{mg}, pour s'abaisser ensuite à 6^{mg} après 400^{cm^3}, cette proportion se maintenant constante pendant les 300 derniers centimètres cubes. A la fin de l'expérience, le foie ne contient sensiblement plus de glutathion réduit.

Si, d'autre part, au liquide de Ringer, on ajoute 1^{g} pour 1000^{cm^3} de cyanure de potassium, la réaction de la solution devient fortement alcaline; le

perfusat présente une réaction nettement acide (pH = 6) pendant les 30 premiers centimètres cubes, pour être ensuite très alcalin (pH = 11). Parallèlement, on observe un départ très rapide de glutathion hépatique; après une perfusion de 400^{cm^3}, la réaction au nitroprussiate ammoniacal est négative dans le liquide d'extraction trichloracétique du foie.

Il était permis de penser que, dans ce dernier cas, l'alcalinité seule du liquide de perfusion intervenait pour faciliter la solubilisation de glutathion réduit. Il n'en est rien, ainsi que nous l'ont montré des expériences de perfusion avec des liquides de pH variant jusqu'à pH = 11. Il est à noter, d'ailleurs, que la réaction du perfusat a été, dans tous les cas étudiés, voisine de pH = 7.

Le chloroforme, ajouté à saturation dans la solution de perfusion, provoque un phénomène comparable à celui qui a été observé dans le cas du cyanure de potassium. Mais la réaction de l'organisme est alors plus lente, et si l'on opère avec un liquide de Ringer, à pH = 11, saturé de chloroforme, le perfusat se maintient à pH = 7 pendant 150^{cm^3} pour devenir ensuite alcalin. C'est alors que la quantité de glutathion solubilisé devient maxima.

Ces expériences tendent à prouver que le glutathion n'est solubilisé que très lentement par perfusion au moyen d'une solution isotonique dans les conditions précisées ci-dessus; le foie perd, par contre, rapidement son glycogène. Le glutathion réduit ne sort réellement de la cellule hépatique que si celle-ci est traumatisée par l'action d'une substance détruisant son équilibre physico-chimique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique du 5-bromosalicylglucoside* β. *Essai de synthèse du* 3.5-*dichlorosalicylglucoside* β. Note de M. **P. Delauney**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une Note antérieure [1], j'ai indiqué le mode d'obtention et quelques-unes des propriétés du 5-chlorosalicylglucoside β. Suivant le même procédé, j'ai réalisé la synthèse du glucoside monobromé correspondant et tenté d'effectuer celle du 3.5-dichlorosalicylglucoside β.

5-Bromosalicylglucoside β. — Le 5-bromosaligénol

$$C^6H^3 \begin{cases} CH^2OH & (1) \\ OH & (2), \\ Br & (5) \end{cases}$$

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 990.

utilisé dans ces recherches a été obtenu par réduction électrolytique, d'après les données de Julius Tafel ([1]) et de Carl Mettler ([2]), de l'acide 5-bromosalicylique, que l'on prépare facilement par l'action du brome sur l'acide salicylique en milieu sulfocarbonique par la méthode de H. Hübner et C. Heinzerling ([3]).

225^g de 5-bromosaligénol ont été mis en contact, dans 600^{cm^3} d'acétone pure du bisulfite hydratée (25^{cm^3} d'eau pour 100^{cm^3} de volume total), avec 15^g de glucose et 6^g d'émulsine. La déviation initiale était de $+2°10'$. Elle est passée en seize jours à $+1°30'$, l'émulsine ayant été renouvelée à deux reprises pendant cet intervalle. Le liquide a ensuite été traité pour l'extraction du glucoside, comme il a été dit pour le 5-chlorosalicylglucoside β ([4]). Le glucoside bromé obtenu a été finalement purifié par une cristallisation dans l'acétone anhydre.

Ce corps cristallise en fines aiguilles incolores. Ces cristaux donnent la même coloration verte par l'acide sulfurique concentré et froid que le 5-bromosaligénol. La solution aqueuse de ce glucoside est colorée en bleu violet par le perchlorure de fer dilué, comme celle du monobromosaligénol. Cette dernière réaction prouve que la fonction phénolique est restée libre, le glucose s'étant combiné à la fonction alcoolique.

Le 5-bromosalicylglucoside β est lévogyre. Il réduit nettement, quoique faiblement, la liqueur de Fehling. L'acide sulfurique dilué et l'émulsine l'hydrolysent avec retour de la déviation vers la droite et augmentation du pouvoir réducteur de la solution.

Les rendements étant peu élevés, je compléterai ultérieurement l'étude des propriétés de ce nouveau glucoside halogéné, lorsque j'aurai pu en préparer une quantité suffisante.

Essai de synthèse du 3.5-dichlorosalicylglucoside β. — Le 3.5-dichlorosaligénol $C^6H^2\begin{cases} CH^2OH & (1) \\ OH & (2) \\ Cl & (3) \\ Cl & (5) \end{cases}$ a été préparé par réduction électrolytique, d'après les auteurs cités plus haut, de l'acide 3.5-dichlorosalicylique, résultant de l'action du chlore sur l'acide salicylique en solution acétique, sui-

---

([1]) *Ber d. Deutsch. chem. Ges.*, **33**, 1900, p. 2209.
([2]) *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, **39**, 1906, p. 2939.
([3]) *Zeits. f. Chemie*, **7**, (2), 1871, p. 709.
([4]) *Loc. cit.*

vant la méthode indiquée par Rogers (¹) et étudiée par Smith (²).

155ᵍ de dichlorosaligénol ont été mis en contact, dans 530$^{cm^3}$ d'acétone pure du bisulfite hydratée, avec 8ᵍ de glucose et 5ᵍ d'émulsine. La déviation est passée en quinze jours de $+1°6'$ à $+40'$, le ferment ayant été renouvelé une fois.

Cet essai et plusieurs autres semblables montrent que l'émulsine est capable d'exercer son action synthétisante sur un dérivé dihalogéné. Toutefois le glucoside formé n'a pu être isolé jusqu'à présent.

Je poursuis mes recherches sur cette série de glucosides halogénés dérivés du saligénol.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du nickel et du cobalt sur l'action hypoglycémiante de l'insuline chez le lapin.* Note de MM. **Marcel Labbé**, **Roubeau** et **F. Nepreux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On connaît aujourd'hui l'influence des minéraux à l'état de traces sur l'action des diastases. Gabriel Bertrand avait déjà montré le rôle important du manganèse dans les réactions diastasiques de la laccase (³). Ce même auteur, et Macheboeuf, ont remarqué l'abondance relative de nickel et de cobalt dans le foie et surtout dans le pancréas de certains animaux. Ils constatèrent l'abondance encore plus grande de ces métaux dans les préparations d'insuline et pensèrent que ces métaux pouvaient jouer un rôle dans l'action hormonique de l'insuline (⁴). Pour vérifier cette hypothèse, ils ont expérimenté sur le lapin d'abord (⁵), sur le chien ensuite (⁶), l'action des traces de cobalt et de nickel sur l'hypoglycémie insulinienne.

Ils sont arrivés aux conclusions suivantes :

Une dose infime d'un sel de cobalt ou de nickel permet à l'insuline d'agir plus intensément et plus longtemps.

L'hypoglycémie atteint un chiffre plus bas et se manifeste une heure plus tard (4 heures au lieu de 3 heures).

(¹) *Inaugural Dissertation*, Göttingen, 1875.

(²) *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, **11**, 1875, p. 1225.

(³) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 1032 et 1355.

(⁴) G. Bertrand et Macheboeuf, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1305.

(⁵) G. Bertrand et Macheboeuf, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1504.

(⁶) G. Bertrand et Macheboeuf, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 5.

Nous avons repris ces expériences sur des lapins d'un poids moyen de 2kg,400, à jeun depuis 24 heures et nous nous sommes placés dans des conditions telles que la dose d'insuline injectée corresponde à la dose convulsivante. L'insuline employée a été l'insuline liquide Byla. Le sucre du sang était dosé par la microméthode de Bang.

Nous rapportons, dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus avec l'insuline seule et avec l'insuline additionnée de traces de sels de nickel et de cobalt.

LAPIN B (2kg,400). — 3 unités cliniques insuline hypodermique.

Glycémie à jeun	1.19.	1.33.	1.30.
Injection de	Ins. : 3 unités.	Ins. : 3 unités + sulf. de Co. 0mg,3.	Ins. : 3 unités + chlorure de Ni. 0mg,3.
h m			
1. 0	0,84	1,09	0,82 (1)
1.30	0,66	0,90	0,68
2. 0	0,54	0,68	0,57
2.40	0,71	0,46	0,45 (2)
3. 0	0,77	0,44	0,43
3.45	0,94	0,54	0,54
5. 0	1,03	0,80	0,79
6. 0	1,06	0,99	1,01

Observations. — (1) Pas de convulsions avec insuline seule. — (2) Convulsions de 2h 30m à 4h 30m.

Dans le tableau ci-dessus, l'hypoglycémie à *l'insuline seule* présente un abaissement maximum de 51,3 pour 100 au bout de deux heures.

Avec l'insuline additionnée de cobalt, l'hypoglycémie maxima est observée à la troisième heure et l'abaissement est de 67 pour 100.

Avec l'insuline additionnée de nickel, l'hypoglycémie maxima est observée à la troisième heure et l'abaissement est de 66 pour 100.

Conclusion. — Les sels de nickel et de cobalt ont manifestement favorisé et prolongé l'hypoglycémie insulinienne.

LAPIN N (2^{kg},200) — 2 unités cliniques insuline hypodermique.

Glycémie à jeun	1.20.	1.44.	1.12.
Injection de	Ins. : 2 unités.	Ins. : 2 unités + sulf. de Co. 0^{mg},2.	Ins. : 2 unités + chlorure de Ni. 0^{mg},2.
h m			
1. 0	1,03	1,00	0,85
1.30	0,80	0,80	0,73
2. 0	0,62	0,68	0,62
2.30	0,50	0,80	0,52
3. 0	0,47	0,95	0,45
3.30	0,69	1,07	0,43 (1)
4. 0	0,70	1,15	0,35
5. 0	0,75	1,23	0,47
6. 0	0,79	1,30	0,59

Observation — (1) Convulsions.

Dans le tableau ci-dessus, l'hypoglycémie à l'*insuline seule* atteint son maximum au bout de trois heures et montre un abaissement de 62,8 pour 100.

Avec l'insuline additionnée de cobalt, l'hypoglycémie maxima est observée au bout de deux heures et l'abaissement est de 52,8 pour 100.

Avec l'insuline additionnée de nickel, l'hypoglycémie maxima est observée au bout de quatre heures et l'abaissement est de 67 pour 100.

Ces expériences confirment, à une exception près, les résultats obtenus par G. Bertrand et Machebœuf. Elles montrent que l'adjonction à l'insuline de traces d'un sel de cobalt ou de nickel renforce son action.

Nous poursuivons nos recherches sur l'influence de ces sels ajoutés à l'insuline chez des diabétiques.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la structure du corps parabasal des Trypanosomes.* Note de M. **G. Lavier**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait, depuis les recherches de Swezy, Alexeieff, Becker, Dubosq et Grassé, que le corps nommé, chez les Herpétomonadidés, micronucléus, kinétonucléus, blépharoplaste, ne possède pas en réalité de nature nucléaire, n'est pas non plus un blépharoplaste vrai, mais doit être considéré comme l'analogue de l'appareil parabasal décrit par Janicki chez les Hypermastigines et les Polymastigines.

Des recherches effectuées sur les Trypanosomes du groupe *T. brucei* me permettent d'apporter quelques précisions sur la structure de ce corps.

A frais, sur l'animal vivant, il n'est pas visible; ce que l'on peut observer, c'est la vacuole qui l'accompagne et qui ne saurait donc être considérée comme un artifice de préparation. Mais le corps parabasal est facile à mettre en évidence par les colorants vitaux. Le vert janus en solution physiologique au $\frac{1}{30000}$ est le colorant vital de choix; le bleu et le noir janus le colorent plus faiblement; le bleu de méthylène, la thionine et le sulfate de bleu de Nil le colorent également; le rouge neutre est sans action.

Si l'on fixe le trypanosome soit après dessiccation pour coloration au Giemsa, soit encore humide dans le liquide de Bouin ou dans le liquide de Flemming sans acide acétique, puis que l'on colore à l'hématoxyline, l'aspect obtenu est le même : un corps fortement chromophile entouré d'un halo plus ou moins prononcé et que l'on voit d'ailleurs représenté par presque tous les auteurs qni ont dessiné d'après leurs préparations.

Mais si, après avoir fixé dans le liquide de Flemming sans acide acétique, on suit la technique de Regaud et l'on pratique un mordançage au bichromate de potasse suivi de coloration à l'hématoxyline ferrique, l'aspect obtenu est différent : le corps coloré est nettement plus volumineux; il est comparable par exemple chez *Trypanosoma brucei* à ce qu'on observe chez *T. lewisi* avec les techniques ordinaires. On est donc amené, tant par ce résultat que par celui des colorations vitales, à considérer le corps parabasal des Trypanosomes comme formé d'un noyau chromophile résistant à l'alcool et à l'acide acétique et entouré d'une zone corticale chromophobe, extrêmement labile au contraire dans les acides et les alcools et dont le halo dont j'ai parlé représente la trace. Les réactions de coloration vitale de cette zone corticale sont extrêmement voisines de celles du chondriome à tel point que l'on est tenté de voir en elle une mitochondrie ayant subi une différenciation spéciale.

Le blépharoplaste vrai ou grain basal est situé au contact du corps parabasal; de même que Grassé, je n'ai pu mettre en évidence de tractus les unissant; mais il est certain que l'adhérence entre eux est assez forte sauf au moment de la division où l'on peut souvent les rencontrer nettement séparés.

Enfin j'ajouterai que, dans les souches du groupe *brucei* récemment isolées, la taille du parabasal est extrêmement variable; parfois il est très gros, souvent par contre il présente une atrophie manifeste; enfin il est complètement absent dans une certaine proportion des individus; on sait qu'un phénomène analogue a déjà été signalé par Wenrich pour l'appareil parabasal de certaines souches de *Trichomonas muris*.

SÉROLOGIE. — *Propriétés du sérum des Couleuvres Aglyphes appartenant au genre* Coluber *Lin.* Note (1) de Mme **Phisalix**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Nous avons montré que le sérum toxique de certaines Couleuvres Aglyphes pourvues de glandes parotides venimeuses (*Tropidonotus natrix* et *Viperinus*), sérum qui devient antivenimeux lorsque ses propriétés toxiques ont été détruites par un chauffage approprié, manifeste aussi, *in vitro*, comme le sérum de Vipère aspic, des propriétés fortement rabicides (2).

Il nous a paru intéressant de comparer, au point de vue des propriétés venimeuses, antivenimeuses et rabicides, le sérum des serpents dépourvus de glandes à venin à celui des espèces venimeuses.

Nous avons choisi à cet effet nos couleuvres indigènes du genre *Coluber* Lin. Ce genre présente la particularité de réunir des espèces, les unes pourvues d'une glande parotide venimeuse (*Coluber helena* Daud., *C. radiatus* Schleg.), les autres dépourvues de cette glande, telles que la Couleuvre d'Esculape (*Coluber Esculapii* Lacép.), et la Couleuvre à échelons (*Coluber scalaris* Schinz).

Sérum de Couleuvre d'Esculape. — Cette Couleuvre est abondante en Bourgogne, ce qui nous a permis de nombreux essais. L'inoculation intrapéritonéale de 2^{cm^3} de sérum frais tue le Cobaye en $1^h 20^m$; celle de $0^{cm^3},50$ tue la Souris en 20-22 heures par la voie sous-cutanée; 1^{cm^3} la tue en 8 heures. Vis-à-vis de la Souris, la toxicité globale du sérum de la Couleuvre d'Esculape est au moins égale à celle du sérum de Vipère aspic.

Comme la plupart des sérums venimeux jusqu'ici essayés, celui de Couleuvre d'Esculape perd sa toxicité par le chauffage en pipette close, au bain-marie, à la température de 56°, maintenue pendant 15 minutes. Il manifeste alors des *propriétés antivenimeuses* vis-à-vis du venin de Vipère, soit *in vitro*, soit *in vivo* : c'est ainsi que 1^{cm^3} de sérum neutralise exactement $0^{mg},10$ de venin, dose minima mortelle pour la Souris par la voie sous-cutanée. Il est en même temps *préventif* : la dose de $1^{cm^3},20$, qui serait plus de deux fois mortelle si le sérum était frais, inoculée sous la peau de la Souris, vaccine cette dernière contre l'action de la dose une fois et demie mortelle de venin.

(1) Séance du 5 décembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 499.

de Vipère, inoculée 48 heures après. Comme il est de règle, le pouvoir curatif est moins marqué que le pouvoir préventif : la dose de $1^{cm^3},5$, inoculée 2 et 3 heures après la dose mortelle de vaccin, est à peine suffisante pour conjurer l'issue fatale.

Quant au pouvoir rabicide *in vitro*, nous l'avons recherché en employant la même technique, exposée en détail dans nos Notes précédentes ([1]); nous la résumons donc brièvement :

Le sérum chauffé est filtré sur papier, puis mélangé à un même volume d'émulsion centésimale de virus rabique fixe (celui de l'Institut Pasteur de Paris). Le mélange, maintenu pendant une vingtaine d'heures à basse température, est ensuite centrifugé, le liquide surnageant rejeté, et le culot lavé une fois à l'eau salée physiologique. Après une seconde centrifugation, le volume est ramené, par décantation partielle, à celui qui correspond à l'émulsion décimale de virus. Ce mélange est inoculé à la dose de $0^{cm^3},5$, sous les méninges de deux lapins, d'un poids voisin de 2000^g, à travers la membrane occipito-atloïdienne, avec les effets suivants : l'un des lapins, un mâle, présente les premiers symptômes rabiques au 11ᵉ jour, il est couché le 13ᵉ jour et meurt le 15ᵉ jour.

Vis-à-vis de l'autre sujet, une femelle, le mélange s'est montré neutre. Cette lapine a mis bas, deux mois plus tard, trois lapereaux qui se sont élevés normalement. Elle n'avait toutefois pas l'immunité naturelle vis-à-vis du virus rabique, car éprouvée 4 mois après par inoculation décimale de virus fixe dans la chambre antérieure de l'œil, elle a manifesté les premiers symptômes rabiques au 24ᵉ jour; elle est morte paralysée au 27ᵉ jour.

Ainsi comme dans le cas du sérum de Vipère, de Couleuvre à collier ou d'Anguille, le mélange virus-sérum Couleuvre d'Esculape s'est montré simplement neutre, mais non vaccinant. Le cas du premier lapin nous montre qu'avec le sérum de Couleuvre d'Esculape nous sommes à la limite du pouvoir rabicide.

Sérum de Couleuvre à échelons. — Le sérum de la Couleuvre à échelons tue le cobaye en l'espace de 4 heures, par inoculation dans le péritoine, à la dose de $1^{cm^3},50$. Il en faut au moins 1^{cm^3} pour tuer la souris en 20-24 heures par la voie sous-cutanée, sa toxicité est donc inférieure à celle du sérum de Vipère et de Couleuvre d'Esculape, qui tueut la souris à la dose de $0^{cm^3},50$.

Chauffé à 56° pendant 15 minutes il perd sa toxicité et manifeste *in vitro*

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 499.

des propriétés antivenimeuses plus marquées que celle du sérum de Couleuvre d'Esculape, car 1$^{cm^3}$ de ce sérum suffit à neutraliser 0^{mg},15 de venin de vipère, dose 1 fois et demie mortelle pour la souris. Son pouvoir rabicide est nul : le mélange virus-sérum préparé comme nous l'avons indiqué, et porté sur les centres nerveux se comporte exactement comme du virus rabique pur; les sujets qui l'ont reçu sont morts de paralysie rabique respectivement au 13e et au 15e jour après la trépanation.

En résumé, si nous prenons comme terme de comparaison, pour les trois propriétés biologiques suivantes, celles du sérum de Vipère aspic, nous pouvons exprimer comme il suit celles du sérum de nos Couleuvres non venimeuses,

	Toxicité globale.	Pouvoir antivenimeux *in vitro* vis-à-vis du venin de Vipère aspic.	Pouvoir rabicide *in vitro*.
Sérum de Vipère..........	1	1	1
S. de C. d'Esculape........	1	1	0,5
S. de C. à échelons.........	0,66	1,5	0

chiffres qui nous traduisent l'indépendance relative de ces trois propriétés considérées deux à deux, et l'indépendance totale du pouvoir antivenimeux et du pouvoir antirabique.

HYGIÈNE. — *Sur la composition de l'air des rues de Paris.* Note (¹) de M. **Daniel Florentin**, présentée par M. Camille Matignon.

Au cours de plusieurs expertises relatives à la recherche des gaz de fumée dans l'air de salles et d'appartements parisiens, il nous a été donné d'y constater, à certaines heures, la présence systématique de quantités importantes d'anhydride carbonique et souvent d'oxyde de carbone.

Ces observations, qui ont d'ailleurs toujours été faites dans le centre de Paris, m'ont déterminé à entreprendre une étude sur la composition de l'air des rues de Paris, quant à sa teneur en CO^2 et en CO.

Je crois utile de faire connaître, au point de vue documentaire, les résultats de mes principales observations, qui portent sur une période d'environ deux années.

Le dosage de l'anhydride carbonique a été effectué par la méthode à la

(¹) Séance du 28 novembre 1927.

Date.	Heure.	Lieu d'observation.	En litres par m³. CO².	CO.	Nature de la circulation.	Vitesse du vent (m : s.).	Temps.
1926.	h m						
6 janvier	10	Rue Richelieu, 87	0,52	0,012	moyenne	»	brumeux
»	10.15	» des Petits-Champs, 47	0,54	0,011	»	»	»
11 »	17	» de Douai	0,62	0,023	peu intense	1,0	clair, frais
»	17.20	» Drouot, 13	0,48	0,017	»	0,50	»
21 »	16.30	» des Petits-Champs, 78	0,59	0,044	intense	sens. nulle	neigeux
5 février	18.10	» Notre-Dame-des-Victoires, 9	0,56	0,023	peu intense	0,50	clair, doux
3 mars	11	» Cambon, 39	0,45	0,012	intense	1,50	couvert
»	11.15	» des Jeûneurs	0,41	<0,01 (¹)	tr. peu intense	0,65	»
30 »	17.30	» Taitbout, 59	0,52	0,03	moyenne	0,50	brumeux
31 »	17	» Bonaparte, 18	0,54	0,032	intense	0,40	beau, doux
22 avril	17.30	» Saint-Honoré, 253	0,54	0,032	moyenne	0,70	giboulées
20 mai	17	» Mogador	0,50	0,045	très intense	1,00	chaud
»	17.15	» de Provence, 84	0,45	0,039	intense	0,20	»
31 juillet	17	» Louis-le-Grand, 20	0,49	0,034	peu intense	0,70	beau
5 août	16	» Grange-Batelière, 11	0,35	<0,01	»	0,40	brumeux
»	11.20	Place de l'Opéra, 3	0,52	0,034	moyenne	0,35	»
29 novembre	15.45	Église de Belleville	0,43	<0,01	restreinte	1,80	couvert
1er décembre	9.15	Place d'Italie	0,45	<0,01	»	1,50	brumeux
3 »	13.50	Billancourt, place Jules-Guesde	0,40	<0,01	»	1,80	couvert
4 »	15.30	Laboratoire de Villejuif (alt. : 120m)	0,34	<0,01	nulle	3,00	brumeux
1927.							
13 avril	16	Rue Mogador	0,47	0,031	assez intense	1,50	nuageux
»	16	» (2e étage)	0,43	0,01	»	»	»
»	16	» (3e étage)	0,43	<0,01	»	»	»
24 mai	16.30	Rue de Charenton, 30	0,40	<0,01	restreinte	1,20	clair
9 novembre	10.15	Rue de Provence, 53	0,56	0,012	moyenne	1,00	brumeux
»	10.15	» (1er étage)	0,52	0,010	»	»	»
»	10.15	» (2e étage)	0,45	<0,01	»	»	»

(¹) Ce chiffre correspond à la limite de sensibilité de la méthode.

baryte; pour le dosage de l'oxyde de carbone, j'ai utilisé la méthode au sang telle que M. Vandenberghe et moi-même l'avons décrite (¹).

Mes analyses ont porté non seulement sur l'air des rues de Paris, mais encore sur celui de certaines localités de la banlieue; je me suis attaché en outre à rechercher quelle était la hauteur de la couche polluée en effectuant des prélèvements simultanés à différents niveaux.

L'examen des résultats consignés dans le tableau ci-dessus permet de tirer les conclusions suivantes :

1° L'air des artères du centre de Paris contient, pendant la journée, une quantité importante d'anhydride carbonique et une petite quantité d'oxyde de carbone; ces quantités varient d'ailleurs dans des limites assez étendues, car elles sont fonctions des conditions atmosphériques, en particulier de la vitesse du vent, ainsi que de la densité de la circulation des véhicules à traction mécanique, la principale cause de la pollution résidant dans l'apport considérable d'anhydride carbonique et d'oxyde de carbone contenus dans les gaz d'échappement des moteurs d'automobile (²).

2° La pollution de l'air des rues diminue assez rapidement en fonction de la hauteur; ainsi, même dans les rues à circulation intense, on ne trouve que des quantités d'oxyde de carbone inférieures à $\frac{1}{100\,000}$ au-dessus du niveau du 3ᵉ étage.

3° L'air des quartiers périphériques ainsi que celui de la banlieue est nettement moins pollué que celui du centre de la Ville, ce qui s'explique aisément par la faible densité de la circulation des voitures automobiles en ces points.

L'expert devra retenir de ces faits qu'il est indispensable, pour tirer une conclusion valable de l'analyse de l'air d'un appartement du centre de Paris, de prélever, en même temps que l'air incriminé, un échantillon de l'air de la rue au niveau même de l'appartement en question.

On peut également se demander, mais ceci sort de notre compétence, si le séjour habituel dans les rez-de-chaussée et les premiers étages des rues à forte circulation du centre de Paris, dont l'air est perpétuellement chargé dans la journée de petites quantités d'oxyde de carbone et de produits réducteurs divers (hydrocarbures contenus dans les gaz d'échappement, produits aldéhydiques, etc.), n'est pas sans présenter quelque inconvénient pour la santé des personnes déjà débilitées.

(¹) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 391.

(²) Voir Kohn-Abrest, *Vᵉ Congrès de Chimie industrielle*, 1925, p. 383.

Quoi qu'il en soit, il importe que, dans le centre de Paris, l'air destiné au chauffage par air chaud (pulsion mécanique ou tirage naturel) soit toujours prélevé à une certaine hauteur au-dessus du sol, et qu'on s'assure, au besoin par une analyse préalable, de sa pureté tant au point de vue chimique qu'au point de vue de sa teneur en poussières.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Effets biologiques et thérapeutiques de la sérosité des vésicatoires.* Note de M. P. **Lassablière**, présentée par M. Charles Richet.

On a déjà préconisé souvent l'autothérapie par la sérosité des vésicatoires dans les maladies infectieuses.

Nous avons repris la question au point de vue expérimental, ainsi qu'au point de vue thérapeutique.

A. Prélevée aseptiquement chez des malades atteints de maladies infectieuses, cette sérosité ne cultive pas à l'étuve. Nous l'avons injectée à des animaux, et nous avons fait les constatations suivantes :

1. Elle favorise la phagocytose en augmentant la leucocytose, comme le démontre le tableau suivant qui résume 5 expériences sur les chiens :

N^{os}.	Quantité de sérosité injectée (en centimètres cubes).	Nombre de leucocytes 4 heures après l'injection ([1]).
1	5	143
2	5	190
3	10	185
4	10	210
5	15	195

2. Cette sérosité possède certaines propriétés immunisantes. En effet, 4 cobayes reçoivent une injection sous-cutanée de 2 à 3$^{cm^3}$ de sérosité prélevée chez un malade tuberculeux; 15 jours après, ces 4 cobayes et 2 autres neufs pris comme témoins sont inoculés par voie sous-cutanée, avec des crachats contenant en abondance des bacilles tuberculeux.

([1]) Le chiffre est rapporté au chiffre initial ramené à 100.

Ces cobayes ont une survie variable, comme l'indique le tableau suivant :

	Durée de la survie.	Caractère des lésions pathologiques observées.
Témoin nº 1	10 jours	Mort avec lésions viscérales étendues à la rate, au foie, aux poumons.
Témoin nº 2	34 jours	Id.
Injecté nº 1	28 jours	Mort avec gros abcès local sans généralisation.
Injecté nº 2	68 jours	Mort avec gros ganglions.
Injecté nº 3	définitive	
Injecté nº 4	définitive	

Ainsi non seulement la survie définitive est de 50 pour 100, alors que chez les témoins elle a été de 0 pour 100; mais, même chez les cobayes traités qui ont succombé, la durée de la survie moyenne est de 48 jours au lieu de 22 jours chez les témoins.

3. Malgré ses propriétés immunisantes, cette sérosité ne détermine jamais de phénomènes de choc à la première injection, ni de phénomènes d'anaphylaxie après d'autres injections ultérieures (animaux injectés : 12 cobayes, 4 lapins, 16 chiens) (22 malades injectés plusieurs fois).

B. Chez l'homme, dans des maladies (syphilis, tuberculose, maladies mentales), où à notre connaissance, cette médication n'avait pas été employée, les résultats ont été encourageants ; 50 pour 100 des 12 tuberculeux traités ainsi ont vu leurs bacilles disparaître ; la réaction de Wassermann est devenue négative chez 33 pour 100 des 9 malades traités. Nous avons observé un cas de régression manifeste chez une paralytique générale.

La *Phlycténothérapie*, ainsi que nous proposons de l'appeler, peut donc devenir une médication dont l'efficacité s'établit aussi bien expérimentalement que cliniquement.

PHYSIOPATHOLOGIE. — *Action de masse et défense vitale.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Complétant notre *loi de l'action pathogène* (1) qui fait apparaître l'effet de masse et l'effet de surface des germes, nous allons montrer que ces

(1) Jules Amar, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1330.

deux effets se retrouvent dans la *réaction antipathogène*, ou défensive des éléments cellulaires.

La *défense leucocytaire*, d'abord et principalement, en est une claire démonstration. Parmi les globules blancs, ceux qui ont une masse relative élevée, ou *polynucléaires* (diamètre de 9 à $9^{\mu},5$) sont les plus énergiques. Et ils représentent 70 pour 100 du total des leucocytes; ils sont, enfin, le siège d'une multiplication intense (*hyperleucocytose*) quand l'organisme est menacé d'intoxication ou d'infection. A cet effet de masse s'ajoute un effet de surface évident, vu qu'ils sont *arrondis*, ce qui atténue l'adsorption pathogène.

On connaît aussi le rôle des *cellules géantes*, leucocytes volumineux et à plusieurs noyaux; ce sont les forts calibres de la place attaquée, et n'entrant en jeu que dans les circonstances périlleuses : infection aiguë, tissus parasités, tuberculose, cancer. Ils possèdent un pouvoir microbicide, nutritif et cicatrisant des *plus caractéristiques*.

C'est dans les tissus autant que dans les humeurs que la loi de masse régit la défense leucocytaire. Une telle réaction protectrice s'effectue avec une *vitesse définie*, tout comme l'action pathogène; car si celle-ci dépend de la vitesse d'adsorption, celle-là dépend de *la vitesse d'utilisation de l'oxygène* dont les leucocytes sont une réserve organisée, oxygène qui est à la fois antiseptique et antitoxique.

Ainsi, action pathogène et réaction vitale procèdent par effet de masse et effet de surface; c'est-à-dire que, par nutrition convenable, médicaments, on peut fortifier le terrain et affaiblir les germes.

Remarquons que la loi de masse justifie l'usage biométrique des *doses* rapportées au kilogramme d'animal vivant. Elle explique également le fait apporté en 1914 par Cleveland, que les globules rouges eux-mêmes diminuent légèrement de diamètre chez les animaux adaptés, qui n'ont plus besoin d'une défense active.

Dans les cellules, en général, l'action de masse est nucléaire, par conséquent aussi une *action oxydante*. Le noyau se développe, se multiplie chez polynucléaires et cellules géantes; il se divise par une forte caryocinèse dans le cas des *tumeurs*, véritables formations défensives, mais que des conditions asphyxiques rendent inefficaces. En sorte que l'action antipathogène se ramène à un *apport massif d'oxygène*, à ce que nous avions appelé une viviréaction oxydante ([1]).

([1]) JULES AMAR, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1021; *Hygiène sociale*, p. 110 et 546; Dunod, 1927.

Conclusion. — La loi de masse, qui caractérise l'action pathogène, signale aussi rigoureusement la réaction vitale défensive ou antipathogène. Elle emploie un mécanisme oxydant qui a son siège dans le noyau cellulaire, et, plus spécialement, dans les leucocytes les plus gros. Et elle s'efforce à rétablir l'équilibre protoplasmique troublé par poisons et toxines, qui sont des agents de réduction ou d'asphyxie nucléaire.

A $16^h 20^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 40^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 novembre 1927).

Note de MM. *V. Grignard* et *G. Mingasson*, Réduction des chlorures d'acides sous pressions réduites. Méthode de préparation de aldéhydes :

Page 1174, intervertir les notes (3) et (4)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 27 DÉCEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la nouvelle année, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 3 janvier au lieu du lundi 2.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène : Sur la théorie de l'action antioxygène.* Note (1) de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse.**

La théorie que nous avons donnée de la catalyse négative d'autoxydation (action antioxygène) (2) comprend deux parties : l'une, concernant le mécanisme, est surtout chimique, et l'autre, énergétique, est plus proprement physique.

I. Nos conceptions en ce qui concerne cette seconde partie soulèvent une difficulté théorique, qu'a rappelée récemment Francis Perrin (3), à savoir leur opposition avec certaines conséquences des théories générales sur la catalyse, ce qui semblait autoriser à les condamner au nom des principes

(1) Séance du 19 décembre 1927.

(2) *Rapport au Conseil international de Chimie Solvay* (Bruxelles, avril 1925); *Catalysis and autoxidation, antioxygenic and prooxygenic activity* (*Chemical Review*, 3, 1926, p. 113); voir aussi diverses Notes ou Mémoires parus aux *Comptes rendus* et au *Bulletin de la Société chimique* depuis 1922.

(3) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1121.

de la thermodynamique : elles impliquent en effet un certain déplacement d'équilibre (équilibre : molécules actives $\rightleftharpoons$ molécules ordinaires) sous l'influence d'un catalyseur. L'écueil ne nous avait pas échappé et, avant toute publication, nous n'avions pas manqué de nous en préoccuper et d'en discuter avec plusieurs physiciens et physico-chimistes éminents. De ces discussions et de nos propres réflexions était résultée pour nous l'impression très nette que la difficulté n'avait pas un caractère rédhibitoire et qu'elle devait pouvoir être tournée par un raisonnement approprié, dont nous apercevions même les grandes lignes. Mais, désireux de nous consacrer surtout à l'étude du mécanisme de l'action antioxygène, c'est-à-dire, en réalité, au côté proprement chimique du problème, nous avions laissé aux spécialistes le soin d'établir ce raisonnement par le calcul, et, sans toutefois nous désintéresser de cet aspect du sujet, qui a toujours, au contraire, retenu notre attention, nous l'avions provisoirement laissé de côté.

II. Les raisons que nous avions alors de prendre cette décision subsistent toujours, et elles peuvent se résumer ainsi : les théories régnantes sur la catalyse sont bien basées sur les principes de la thermodynamique, mais, entre la base solide de ces principes et leur application concrète à la catalyse se trouve intercalé un postulat, lequel confère nécessairement sa propre fragilité au système. Ce postulat n'est autre que la définition même du catalyseur : la définition étant admise, le raisonnement qu'on lui applique est assurément inattaquable, mais les conclusions ne valent que ce que vaut la définition elle-même.

Or, comme on le sait, les phénomènes de la nature sont presque toujours plus compliqués que ne le laissent supposer les définitions simples que l'on en donne, et les notions simples doivent subir des retouches plus ou moins profondes au fur et à mesure que s'accumulent les faits et que s'affinent les méthodes d'observation, tel le cas, entre autres, de la notion de corps gazeux. Il serait vraiment extraordinaire qu'il n'en fût pas ainsi pour la catalyse, dont l'étude n'en est encore qu'à ses débuts. S'il est vrai qu'on ne connaît jusqu'ici que relativement peu de faits en désaccord avec les théories classiques de la catalyse, ce qui porterait à en conclure qu'elles sont peu éloignées de la réalité et voisines de leur état définitif, le petit nombre de résultats expérimentaux discordants ne tient-il pas plutôt à la grande complexité des phénomènes catalytiques, qui rend très difficile le contrôle d'une théorie par des observations précises ?

Quoi qu'il en soit, des discordances incontestables existent ([1]), qui nécessitent une certaine retouche des idées en cours sur la catalyse, surtout si l'on prend en considération, comme nous pensons qu'il y a lieu de le faire, les phénomènes de catalyse négative. qui se sont révélés au cours de ces dernières années comme jouant un rôle important dans la nature.

Les corrections à apporter à la définition actuelle du catalyseur, pour lui permettre d'embrasser tous les faits, *sont assurément très légères*, mais elles suffiront, pensons-nous, à justifier notre manière de voir.

III. Au fond, la difficulté revient à savoir jusqu'à quel point on est en droit de négliger, dans les raisonnements, les modifications énergétiques produites dans un milieu par l'introduction d'une *quantité petite* (*mais pas infiniment petite*) d'une substance étrangère, ici le catalyseur.

La réponse est une question d'espèces. Ainsi la présence, à une dilution donnée $\frac{1}{n}$, d'une substance étrangère dans un liquide donné, pourra être considérée comme négligeable dans le cas général, mais il n'en sera plus de même s'il arrive que cette impureté ait la propriété de concentrer toute son action sur une certaine catégorie de molécules du liquide ; on devra alors, dans tout raisonnement thermodynamique sur ces dernières, tenir compte de l'influence qu'exerce sur elles la substance étrangère. Ainsi se comportent, par exemple, certaines impuretés (savon) vis-à-vis des molécules superficielles : ici l'effet energétique produit par l'introduction de la substance, quelque petit qu'il puisse paraître, n'est plus négligeable, puisqu'il permet seul d'expliquer les modifications produites dans l'état du système et dont les conséquences peuvent être, en apparence, hors de proportion avec leur cause ([2]).

Ne peut-on pas penser qu'il doit en être de même vis-à-vis de catégories de molécules du liquide autres que les molécules superficielles, par exemple,

---

([1]) Citons, entre autres, les suivantes : *Équilibre unilatéral :* Orthner (1918); Piazza (1918); Baur (1918, 1924); Dufraisse (1922); Ott (1924); Wunderly (1924), etc. — *Déplacement d'équilibre chimique par des catalyseurs :* Jones et Lapworth (1911); Armstrong et Worley (1912); Poma et Albonico (1915); G. Bertrand et Compton (ferments) (1925); Schlœsinger (1926), etc. — *Équilibre vapeur-liquide sous l'influence de traces d'eau :* Baker (1912, 1922, 1923); Smits (1922, 1924, 1926); Lewis (1923); Mali (1925), etc — *Équilibre solide-solution sous l'influence des traces d'eau :* Cohen (1925). — Voir aussi : *Discussions théoriques :* Brönsted (1922); Höber (1922); Bjerrum (1923), Baur, etc.

([2]) Par exemple, sur les phénomènes d'écoulement de la masse du liquide, dans des conditions expérimentales appropriées.

comme nous l'avons supposé, vis-à-vis des molécules *actives*, surtout si l'on tient compte ([1]) du fait que celles-ci sont elles-mêmes en faible concentration et, par conséquent, relativement peu nombreuses.

René Dubrisay vient justement d'établir ([2]), par un raisonnement thermodynamique, qu'il n'y a nulle impossibilité à ce qu'un corps, introduit en quantité très petite par rapport à la quantité de corps réagissant, modifie l'équilibre envisagé dans la théorie d'Arrhénius entre les molécules ordinaires et les molécules actives. Le raisonnement de Dubrisay répond ainsi aux objections *a priori* que pouvait susciter notre théorie du point de vue des principes de l'énergétique.

Conclusions. — *a.* Quelle que puisse être l'évolution future des idées sur la catalyse, il n'est pas possible, et c'est là pour nous le point important, d'écarter nos conceptions de prime abord au nom des principes de la thermodynamique, du moment qu'intervient dans le raisonnement une définition du catalyseur qui doit être considérée comme n'ayant pas encore sa forme définitive.

b. La théorie de l'activation par chaînes, invoquée par Christiansen et par Francis Perrin, permet de s'accommoder de l'ancienne définition du catalyseur. Cet avantage, d'après les considérations qui précèdent, ne saurait constituer à lui seul une raison décisive d'adopter *a priori* ladite théorie. Très utile pour expliquer certaines réactions photochimiques, elle nous paraît se heurter à des difficultés quand il s'agit d'interpréter les phénomènes d'autoxydation en dehors de l'action de la lumière.

On doit donc attendre l'épreuve d'expériences que nous poursuivons ou qui sont en cours de divers côtés.

GÉOLOGIE. — *Que l'ensemble tectonique Vanoise-Mont Pourri, dans les Alpes de Savoie, n'est pas séparable de la nappe du Briançonnais.* Note ([3]) de M. **Pierre Termier.**

Il y a quelques mois, ici même ([4]), j'ai rappelé l'important problème tectonique posé en 1913 par Jean Boussac dans nos Alpes de Savoie : l'en-

([1]) *Rapport au Conseil international de Chimie Solvay*, Bruxelles, avril 1925, p. 553; voir aussi Hugh S. Taylor, *J. of Physic. Chem.*, 27, 1923, p. 322.

([2]) *Société de Chimie physique* séance du 23 novembre 1927.

([3]) Séance du 19 décembre 1927.

([4]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 717.

semble Vanoise-Mont Pourri est-il une nappe spéciale qui, dans le paquet de nappes, s'intercale entre Briançonnais et Schistes Lustrés? ou bien est-il inséparable de la nappe du Briançonnais et résulte-t-il simplement de la surrection de celle-ci en de vastes dômes, très surélevés et entourés de synclinaux très profonds? Je disais que les observations récentes rendaient peu vraisemblable la première de ces deux hypothèses et s'accordaient mieux avec la seconde; mais qu'il fallait néanmoins, avant de se prononcer définitivement, attendre que l'on eût réétudié quelques points de la Tarentaise, de part et d'autre du Mont Pourri, tout particulièrement la haute vallée de Peisey et les environs des Brévières de Tignes.

J'ai, au cours du dernier été, visité, en compagnie de M. E. Raguin, la haute vallée de Peisey, les Brévières, et aussi le Fornet près de Val-d'Isère, c'est-à-dire les divers endroits où Jean Boussac avait signalé des apparences tectoniques qui lui faisaient croire que le Mont Pourri est une nappe spéciale, flottant sur le pays briançonnais. Ces apparences sont toutes trompeuses. M. Raguin vient d'exposer à la Société géologique de France les résultats de l'étude minutieuse qu'il a faite de la région des Brévières. Je lui laisse le soin de parler aussi de ce que nous avons vu ensemble près du Fornet. Je veux seulement dire ce que nous avons observé dans la haute vallée de Peisey et, de tout cela, tirer une conclusion qui me paraît, à moi, définitive.

A quelques kilomètres à l'amont de Peisey, un peu au-dessus du hameau de Nancroix, une bande de terrains triasiques traverse la vallée et sépare le vaste pays houiller où l'on exploite l'anthracite à Peisey, Landry et Aime, des terrains métamorphiques, d'âge carbonifère ou permien (1), qui forment les très hauts massifs du Mont Pourri (3788m) et de l'Aiguille du Midi (3421m). Le Trias montre ici des quartzites, des calcaires magnésiens, des cargneules, parfois du gypse. Les contours de la Carte géologique (feuille *Albertville*), dessinés en 1896 par Marcel Bertrand, donnent l'illusion d'une pénétration profonde de ce Trias sous les terrains métamorphiques des hauts massifs. A regarder cette carte, on dirait vraiment que le Mont Pourri et l'Aiguille du Midi reposent sur le Trias; que, même, le Trias, aux Lanches, surgit *en fenêtre* sous les terrains cristallins; que, d'ailleurs, il y a une différence lithologique très grande entre le Houiller de Nancroix et de Peisey et les terrains cristallins qui semblent surmonter le Trias. D'où, très naturellement, l'hypothèse émise, à titre provisoire, par Jean Boussac et adoptée il

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 641.

y a deux ans par Émile Haug : l'ensemble Mont Pourri-Aiguille du Midi, auquel se rattache plus au Sud la Vanoise, serait une nappe distincte de la nappe briançonnaise, plus haute et formée de terrains plus métamorphiques.

La réalité est très différente. Le Trias ne pénètre pas du tout sous le Mont Pourri; aucune *fenêtre* n'existe aux Lanches; il n'y a aucune différence lithologique essentielle entre le Houiller de Nancroix et celui qui, près des Lanches, apparaît de l'autre côté de la bande triasique; la limite du métamorphisme, dans le Houiller, n'est pas du tout faite par cette bande triasique; le Houiller de Nancroix est du Houiller *semi-métamorphique*, tout aussi cristallin que celui du col de la Chale, étudié en 1926 par M. L. Neltner.

La bande triasique en question, dirigée à peu près Nord-Sud, vient du col des Frettes et de l'Aiguille Grive; c'est un synclinal droit ou presque droit, formé de couches verticales ou presque verticales. A peine, par places, se déverse-t-il un peu à l'Ouest. Arrivé à la vallée de Peisey, il conflue avec un autre synclinal, rempli par du Trias de même faciès, également droit ou presque droit, de direction quasi normale, c'est-à-dire à peu près Est-Ouest. Sur la rive gauche de la vallée de Peisey, ce deuxième synclinal s'en va, dans la direction de l'Ouest, constituer la haute région forestière des Grands Bois; dans la direction de l'Est, il suit la vallée même entre le Château des Mines et la Gura. L'élargissement de la vallée, à l'amont du Château des Mines et jusqu'à la Gura, tient évidemment à ce que cette vallée a été creusée dans le Trias du synclinal Est-Ouest, synclinal qui est certainement complexe et fait de plusieurs plis. Du Trias dans lequel s'est opéré le creusement de la vallée, il ne reste que deux placages, l'un sur la rive droite au-dessus des Lanches et des Bettières, l'autre sur la rive gauche, finissant en pointe près de Rosuel. A l'amont de Rosuel et des Bettières, le Trias disparaît sur les deux rives, sans doute parce que le synclinal se rétrécit et que son fond monte vers l'Est. On le suivrait plus longtemps dans le thalweg; mais celui-ci est encombré d'alluvions et de moraine; en tout cas, le Trias ne dépasse guère la Gura, si même il y arrive.

Dans le placage de rive droite, au-dessus des Lanches et des Bettières, les couches triasiques sont presque verticales ou plongent très fortement vers la vallée; *derrière elles*, on voit les assises métamorphiques, permiennes ou houillères, exactement concordantes avec les assises triasiques. Vu de loin, de la rive gauche, ce Permien (ou ce Houiller) a l'air de *surmonter* le Trias; en réalité, il le *flanque*. Dans le placage de rive gauche, il n'y a

guère que des quartzites, verticaux, ou plongeant très fortement vers la vallée.

De ces nouvelles observations et de celles que nous avons faites, M. Raguin et moi, de l'autre côté du Mont Pourri, les conclusions suivantes sortent *nécessairement*.

Tout ce que l'on voit de terrains secondaires dans la région Mont Pourri-Aiguille du Midi-Vanoise appartient à la couverture de ces massifs cristallins et non pas à leur substratum.

Le Mont Pourri est un dôme de terrains cristallins (permiens et carbonifères) encadré par de profonds synclinaux où le Trias domine et qui, le plus souvent, sont droits ou presque droits. Ces synclinaux s'ordonnent en un système orthogonal, les uns étant à peu près Nord-Sud, les autres à peu près Est-Ouest. On les voit fréquemment confluer; ils se sont formés simultanément. La large vallée à l'amont de Nancroix correspond à l'un des synclinaux Est-Ouest; au delà du hameau de la Gura, ce pli se vide de son Trias, mais il se poursuit *en l'air*, au-dessus de la Plagne, par un synclinal Nord-Sud qui va lui-même, au lac de la Plagne, s'unir à un synclinal Est-Ouest bien plus large et bien plus complexe, celui des cols de la Grassa et du Palet, de Tignes et de Val-d'Isère. A Tignes, la large bande synclinale Est-Ouest conflue avec une autre bande synclinale dirigée, non pas exactement vers le Nord, mais vers le Nord-Nord-Ouest. Celle-ci passe aux Brévières et se poursuit, *en l'air*, au-dessus de la vallée de l'Isère qui, très visiblement, des Brévières à Sainte-Foy, a été *déterminée* par elle. De Sainte-Foy à la Pointe du Four, un court synclinal Est-Ouest rejoint le synclinal Nord-Sud de l'Aiguille Grive. Ainsi s'achève le tour du Mont Pourri.

Le massif cristallin de l'Aiguille du Midi est, de même, encadré par des plis quasi orthogonaux, faits surtout de Trias : au Nord celui des Lanches et des Grands-Bois, à l'Ouest celui des Rocs du Diable et du Sérac, au Sud celui qui passe *en l'air* au-dessus de la vallée de Champagny et se prolonge, en s'élargissant et se compliquant, par la bande du col du Palet.

Plus au Sud, surgit un troisième dôme, la Becca Motta; mais alors la disposition des plis se modifie. L'orthogonalité disparaît; en même temps s'affirme une tendance au déversement vers l'Est ou le Sud-Est. La Vanoise est un quatrième dôme cristallin, séparé du troisième par une bande synclinale dirigée vers le Nord-Est dont les plis se couchent au Sud-Est jusqu'à l'horizontale (la Réchasse, le Pelvoz), et séparé de l'immense anticlinal houiller Maurienne-Tarentaise par une bande synclinale Nord-Sud,

d'abord droite (Plassas, Roc de la Pêche), puis déversée à l'Est, parfois, comme au col de Chavière, jusqu'à l'horizontale. A cela près (défaut d'orthogonalité des plis et déversement vers l'Est ou le Sud-Est), il n'y a pas de différence entre la Vanoise et le Mont Pourri.

Tous les plis que je viens d'énumérer sont des *plis secondaires* qui ont affecté la nappe du Briançonnais postérieurement à sa mise en place. Ils ont une énorme amplitude verticale, la surface de base du Trias oscillant, semble-t-il, d'une cote maxima voisine de 4000 à une cote minima voisine de zéro.

Ils ont affecté aussi la nappe des Schistes Lustrés, comme cela se voit dans les coupes de la région des Brévières (E. Raguin); mais la nappe des Schistes Lustrés est transgressive sur certains plis briançonnais et les mouvements qui l'affectent elle-même sont plus simples. D'où il faut conclure que les deux phénomènes tectoniques, celui de la mise en place des nappes et de la constitution du paquet de nappes, et celui du plissement secondaire, ont, l'un et l'autre, duré longtemps, et que l'avancée de la nappe des Schistes Lustrés s'est produite sur la nappe briançonnaise déjà en partie plissée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de l'hydrogénation catalytique des phénols*. Note [1] de MM. **V. Grignard** et **G. Mingasson**.

Le mécanisme de l'hydrogénation catalytique des phénols est resté, jusqu'à présent, assez obscur.

Dès le début, Sabatier et Senderens [2], et Van der Laan, en 1903, reconnurent que la cyclohexanone accompagnait le cyclohexanol et ils attribuèrent sa présence à une réaction secondaire de déshydrogénation du cyclohexanol. En 1911, Skita et Ritter [3] conclurent de leurs recherches que la réduction du phénol pouvait aller par étapes successives et réversibles jusqu'à la phase benzène :

$$C^6H^5OH \rightleftharpoons C^6H^{10}O \rightleftharpoons C^6H^{11}OH \rightleftharpoons C^6H^{10} \rightleftharpoons C^6H^{12} \rightleftharpoons C^6H^6.$$

En 1921, Vavon et Détrie [4] démontrèrent (sur platine) que la cyclohexanone pré-

(1) Séance du 19 décembre 1927.
(2) *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 1025.
(3) *D. ch. Ges.*, 44, 1911, p. 668.
(4) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1231; Detrie, *Thèse*, Nancy, 1920.

cédait le cyclohexanol, mais n'élucidèrent pas les circonstances de sa formation; si bien qu'en 1923, Skita [1] admettait que le phénol devait exister en équilibre avec une forme tautomère quinonique dont l'hydrogénation donnait directement la cyclohexanone :

$$\begin{array}{c} CO \\ HC \quad CH \\ HC \quad CH \\ CH^2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} CO \\ H^2C \quad CH^2 \\ H^2C \quad CH^2 \\ CH^2 \end{array}$$

Nous avons pensé que l'hydrogénation catalytique sous pression réduite, dont les précieux avantages se sont déjà manifestés en plusieurs circonstances [2], nous permettrait encore ici de saisir la phase intermédiaire de l'hydrogénation et d'en éclairer le mécanisme.

Après une étude systématique des conditions de la réduction, nous avons été amenés à employer du nickel monté sur ponce fine, de la grosseur d'une tête d'épingle, et réduit de l'hydrate, entre 280° et 300°. La masse catalytique avait une longueur de 30 à 35^{cm} et portait environ 5^g de nickel.

Nous avons adopté, comme solvant du phénol, le cyclohexanol (1 partie pour 3 à 4 parties de phénol) après avoir étudié la stabilité de ce corps en présence du catalyseur. L'expérience montre, en effet, que, pour chaque pression, il existe une température critique à partir de laquelle le cyclohexanol se déshydrogène en cyclohexanone; sous $18\text{-}22^{mm}$, 155°; sous 30^{mm}, 157°; sous 50^{mm}, 160°; sous 100^{mm}, 170°; sous 200^{mm}, 175°; sous 760^{mm}, 180°, environ.

Notre étude ne pouvait évidemment être faite qu'en restant dans la zone de stabilité du solvant.

Nous avons ainsi reconnu que lorsqu'on abaisse progressivement la pression au-dessous de la pression atmosphérique, le pourcentage de phénol réduit en cyclohexanone et cyclohexanol s'abaisse rapidement, jusque vers 100^{mm}, présente ensuite un palier assez net, entre 100 et 50^{mm} (15 à 16 pour 100), puis décroît lentement. La proportion de cyclohexanone, d'abord très faible, croît lentement, présente également un palier (57-58 pour 100) entre 100 et 50^{mm}, puis se relève vers la courbe du phénol

---

(1) *Lieb. Ann.*, **431**, 1923, p. 1.

(2) GRIGNARD et ESCOURROU, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1860, et **177**, 1923, p. 93. — GRIGNARD et MINGASSON, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1173. — Voir pour les détails : ESCOURROU, *Thèse*, Lyon, 1925, et MINGASSON, *Thèse*, Lyon, 1927.

réduit. Si bien qu'en opérant sous 18 à 22mm de pression, à la température de 150°, on ne réduit que 12 à 15 pour 100 du phénol introduit, mais on n'obtient absolument que de la cyclohexanone ([1]).

Les dosages ont été faits : pour la cyclohexanone par le chlorhydrate d'hydroxylamine, en déterminant l'acide chlorhydrique libéré [méthode Brochet et Cambier, généralisée par Kleiner ([2])], pour le phénol, par la méthode à l'iode de Messenger et Vortmann, mise au point par Redmann, Weith et Brock ([3]). Mais nous allons voir que notre cyclohexanone est à l'état d'énol qui absorbe, lui-même, I^2; il a fallu, bien entendu, en tenir compte.

Les recherches de l'un de nous ([4]) ayant montré que, beaucoup plus fréquemment qu'on ne le supposait jusqu'alors, les énols de cétones pouvaient être isolés à l'état libre, nous nous sommes demandé si la cyclohexanone n'apparaissait pas précisément sous cette forme comme on pouvait le penser en partant de la formule habituelle du phénol.

Et, en effet, si l'on dose, dans le produit brut de la catalyse (phénol, cyclohexanone, cyclohexanol solvant), l'H actif par la méthode de A. Job et Reich ([5]) on trouve 100 pour 100. Il n'y a donc pas de cyclohexanone à l'état cétonique.

Nous avons alors fait tomber le produit de la catalyse dans un mélange de 3 parties d'anhydride acétique et 1 partie d'acétate de sodium fondu à l'ébullition. La réaction est immédiate ([6]).

Après traitement, on fractionne sous 17mm de pression et l'on isole

---

([1]) Vavon et Detrie (*loc. cit.*) avaient reconnu également l'existence d'un maximum dans la proportion de cyclohexanone formée. Ce maximum, variable avec le solvant, atteignait 20,8 pour 100 dans l'éther, c'est-à-dire à peu près la même valeur que le nôtre (20 à 22 pour 100).

([2]) *Thèse*, Nancy, 1923.

([3]) *Chem. News*, **110**, 1914, p. 168.

([4]) Grignard et Savard, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1573; **182**, 1926, p. 422; *Bull. Soc. chim.*, **37**, 1925, p. 597. — Grignard et Blanchon, *Bull. Soc. chim.*, **41**, 1927, p. 760.

([5]) *Bull. Soc. chim.*, **33**, 1923, p. 1415. — Notre résultat, bien entendu, n'est valable qu'avec l'approximation que comporte cette méthode, soit environ 4 pour 100.

([6]) Mannich et Hancu (*D. ch. Ges.*, **41**, 1908, p. 564) ont obtenu l'acétate du cyclohexanone-énol en chauffant la cyclohexanone avec le mélange ci-dessus, mais à 240°, pendant 50 heures. Les conditions sont tellement différentes qu'on ne peut arguer que notre énol se soit fait au moment du traitement. D'ailleurs le dosage de l'Hactif est probant. Par saponification alcaline de leur acétate, les auteurs ci-dessus n'ont obtenu que de la cyclohexanone.

3 portions : 65-70°, 74-77° et 80-85°. La première est l'acétate de cyclohexyle, la troisième, l'acétate de phényle. La deuxième est l'acétate de cyclohexanone-énol qui distille à 75-77° sous 17^{mm}. On isole, à côté, quelques gouttes d'énol, à 55-60°, sous 17^{mm}. L'acétate de l'énol est un liquide incolore, très stable, d'odeur fruitée agréable. On a

	Trouvé.	Calculé pour $C^8H^{12}O^2$.
C pour 100	68,3	68,57
H pour 100	8,6	8,57

$$d_{15}^{4} = 1,0237, \qquad n_D^{15} = 1,4732;$$

d'où

$$\frac{n^2-1}{n^2+2} = 38,37, \qquad \text{Calculé Rm} = 38,29$$

Une ébullition de 36 heures, à reflux, ne sépare que des traces d'acide acétique.

Il a résisté intégralement à une ébullition de 5 jours avec un excès d'eau. Nous l'avons hydrolysé complètement en le faisant bouillir, pendant 5 heures, avec une solution aqueuse d'acide oxalique à 10 pour 100. Nous avons, en effet, constaté, après Rumeau (¹), que cet acide est un stabilisant des formes énoliques.

L'énol extrait distillait à 55° sous 12^{mm}. Son hydrogène actif n'a pu être mesuré qu'au bout de 12 heures. Il titrait alors 78 pour 100, et nous avons constaté qu'il évoluait rapidement. Au bout de 36 heures, il ne titrait plus que 58 pour 100; après 60 heures, 38 pour 100, et après 90 heures, 12,3 pour 100. La courbe de tautomérisation est une ligne droite. En la prolongeant jusqu'à l'origine, on trouve que l'énol, distillé aussitôt après l'hydrolyse, devait titrer à peu près 88 pour 100. Il est probable qu'en réduisant un peu la durée de l'ébullition nous l'aurions obtenu encore plus pur (²).

De la même manière, nous avons pu, dans des conditions peu différentes, obtenir uniquement, par hydrogénation du *p*-crésol, le *p*-méthyl cyclohexanone-énol ($n_D^{12} = 1,45507$ pour un mélange céto-énolique titrant environ 80 pour 100 d'énol). Sa tautomérisation, facile à suivre par l'indice *n*, est complète en 24 heures. Son acétate bout à 92-93°, sous 12^{mm}, et à

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 35, 1914, p. 782.

(²) Nous avons essayé d'obtenir directement l'acétate de l'énol en hydrogénant l'acétate de phényle, mais nous nous sommes heurtés à la réaction déjà observée sur d'autres éthers-sels. Entre 18^{mm} et 50^{mm} de pression et entre 150° et 160°, on obtient intégralement benzène et acide acétique. On pourrait même envisager l'utilisation de ce procédé pour passer d'un phénol à l'hydrocarbure aromatique correspondant.

191-192°, à la pression ordinaire.

Trouvé..........................	C = 69,7	H = 9,2
Calculé..........................	C = 70,1	H = 9,1

$d_{14}^{4} = 0,9813$, $n_D^{14} = 1,46086$.

De même le carvacrol nous a conduits à l'acétate du carvomenthone-énol (à côté de carvomenthone) qui bout à 103-105° sous 11^{mm}, et évolue très lentement : $n_D^{13} = 1,46196$; $d_{13}^{4} = 0,947$. Odeur menthée.

Le carvomenthone-énol distille à 104-106°, sous 11^{mm}. $n_D^{20} = 1,4624$, pour un mélange à environ 75 pour 100 d'énol. La tantomérisation est complète au bout d'une heure.

Il n'est pas douteux, après ces résultats, que l'hydrogénation catalytique des phénols se poursuit suivant ce que permettait de prévoir la formule de Kekule. Tout se passe comme si les deux doubles liaisons non contiguës à l'hydroxyle étaient d'abord hydrogénées pour donner l'énol de la cyclohexanone correspondante. Celui-ci se tautomérise quand on l'isole sans précautions spéciales, mais fixe directement H^2 pour donner le cyclohexanol correspondant quand on prolonge l'hydrogènation.

Cependant, quand on hydrogène à une température plus élevée que la température critique de dissociation du cyclohexanol, on peut obtenir de la cyclohexanone par dédoublement secondaire. C'est ce qui est arrivé à Sabatier et Senderens qui opéraient à des températures supérieures, de 35 à 50°, à la température critique.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'application de la loi de similitude aux périodes de formation des tourbillons alternés de Bénard-Karman* [1]. Note [2] de MM. **C. Camichel**, **P. Dupin** et **M. Teissié-Solier**.

Nous avons étudié les périodes de formation des tourbillons alternés qui prennent naissance dans le sillage de cylindres droits à section circulaire, placés dans un champ de vecteurs vitesses uniforme. La vitesse était mesurée par chromophotographie et les périodes déterminées par observation directe.

Si les lois de similitude s'appliquent, la courbe ayant comme abs-

---

(1) Voir *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1509.

(2) Séance du 19 décembre 1927.

cisses $R = \frac{WD}{\frac{\mu}{\rho}}$ et comme ordonnées $S = \frac{D}{WT}$, dénommée par Benard « paramètre de Strouhal », est unique quels que soient le diamètre de l'obstacle

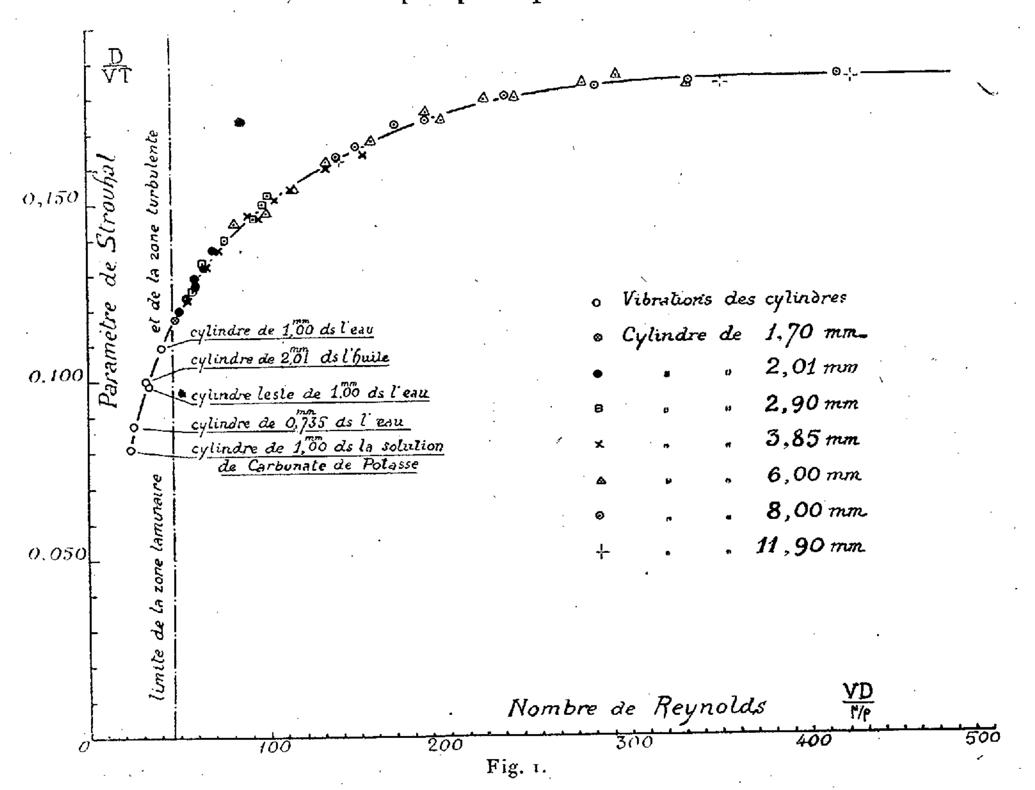


Fig. 1.

et la viscosité du fluide. C'est ce que vérifie l'expérience (*fig.* 1). Les points expérimentaux considérés correspondent à des abscisses supérieures à 47; les points d'abscisses inférieures à ce nombre sont obtenus par une méthode différente.

II. Par analogie avec ce qu'avait fait Osborne Reynolds sur les tubes, nous avons recherché s'il existe un nombre critique unique R_0 marquant la naissance du régime turbulent dans le sillage d'un obstacle immergé, c'est-à-dire l'apparition des tourbillons alternés.

Si, pour un obstacle de diamètre déterminé, on observe en partant d'une vitesse nulle les aspects successifs du sillage pour des vitesses croissantes, on constate que, jusqu'à une vitesse bien définie W_0, le sillage est parfaitement symétrique par rapport au plan passant par l'axe du cylindre et parallèle à la direction de l'écoulement et comprend les courbes à points

singuliers que nous avons mises en évidence [1] et que nous conviendrons d'appeler α, β (*fig.* 2). Cet aspect correspond au régime laminaire ou de Poiseuille. Pour un obstacle de petit diamètre, si l'on dépasse la vitesse W_0, le sillage prend *brusquement* un aspect ondulatoire provenant de la naissance de tourbillons alternatifs.

Pour les obstacles d'un assez gros diamètre, voisin par exemple de 10^{mm}, la période de transition correspondant au passage du régime de Poiseuille au régime turbulent a une durée notable. Ce fait s'explique d'ailleurs

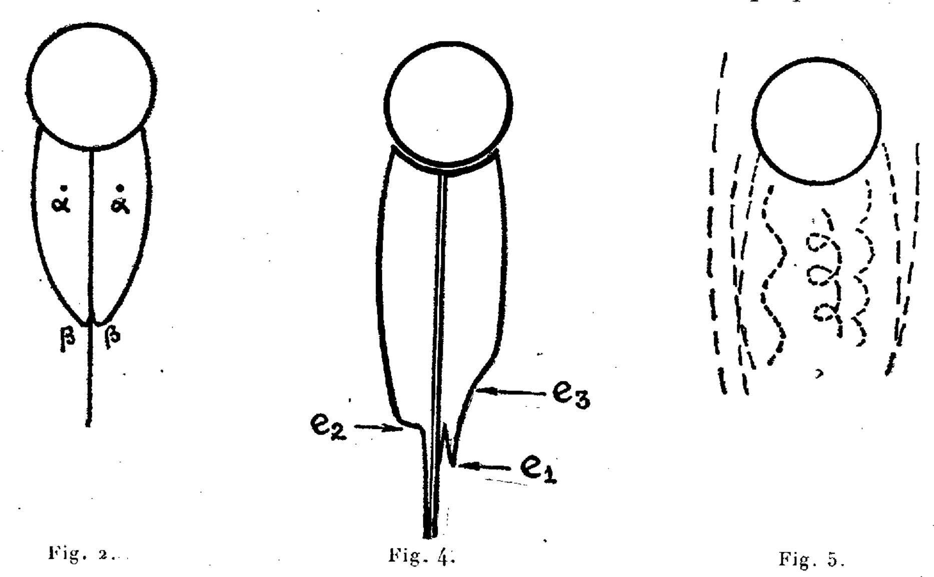


Fig. 2. Fig. 4. Fig. 5.

aisément en remarquant que les durées θ d'établissement du régime suivant la loi de similitude, satisfont à la relation $\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2}$. Nos résultats montrent que ce nombre critique R_0 est unique, et que, dans les conditions de nos expériences, il est compris entre 47 et 48, ce qui correspond à un paramètre de Strouhal S_0 de 0,117.

III. Pour étudier l'établissement du régime turbulent, nous avons employé un procédé ne pouvant en aucune façon perturber [2] l'écoule-

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1557.

(2) Tandis que d'autres procédés d'observation, par exemple l'emploi de fluides colorés, sont susceptibles d'altérer, dans une certaine mesure, les phénomènes en raison de la vitesse du fluide introduit dans la masse, surtout pour des écoulements à faible vitesse. Pour des vitesses élevées, comme c'est le cas dans les recherches de M. Toussaint, la méthode est parfaitement correcte.

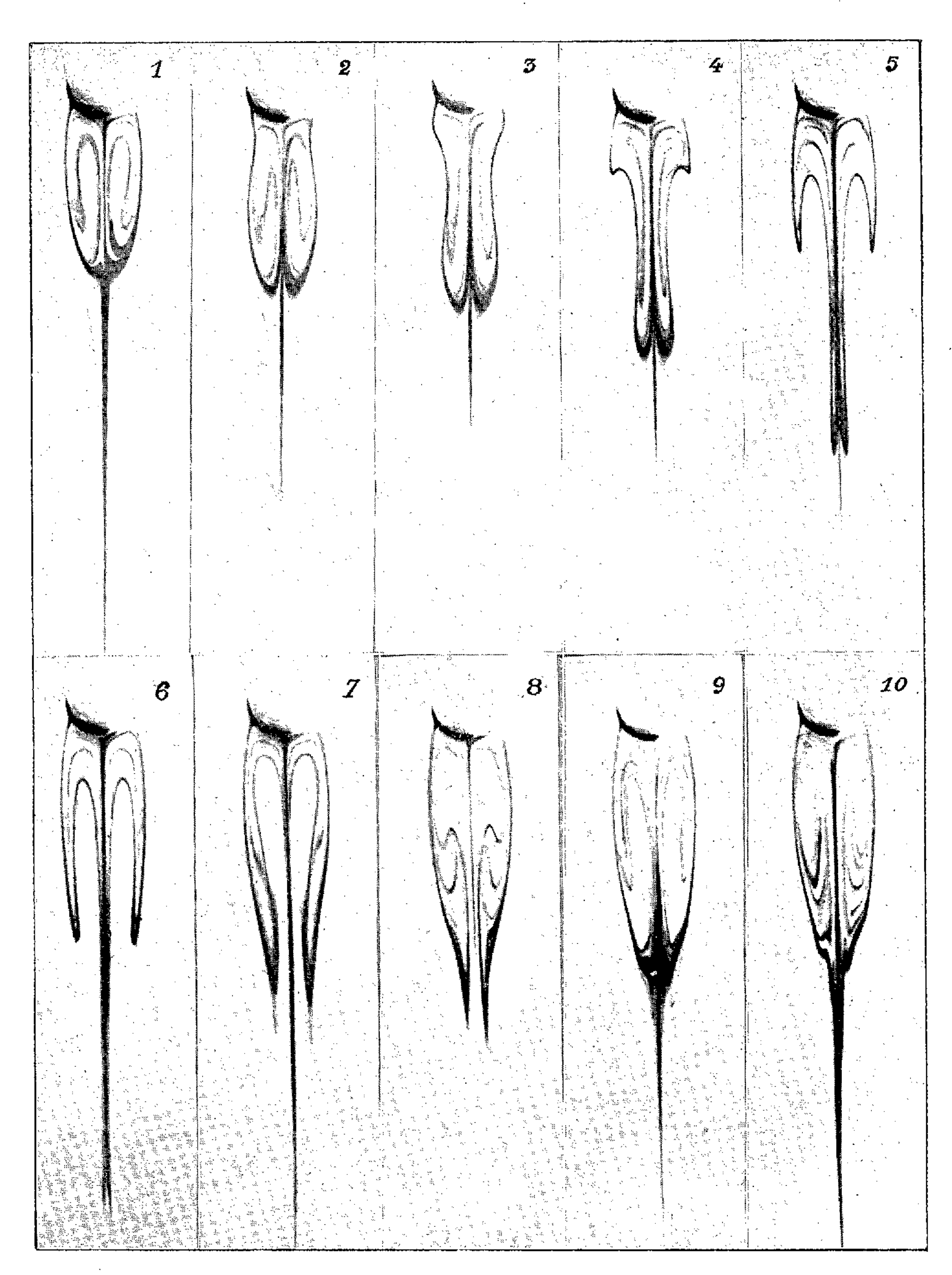


Fig. 3.

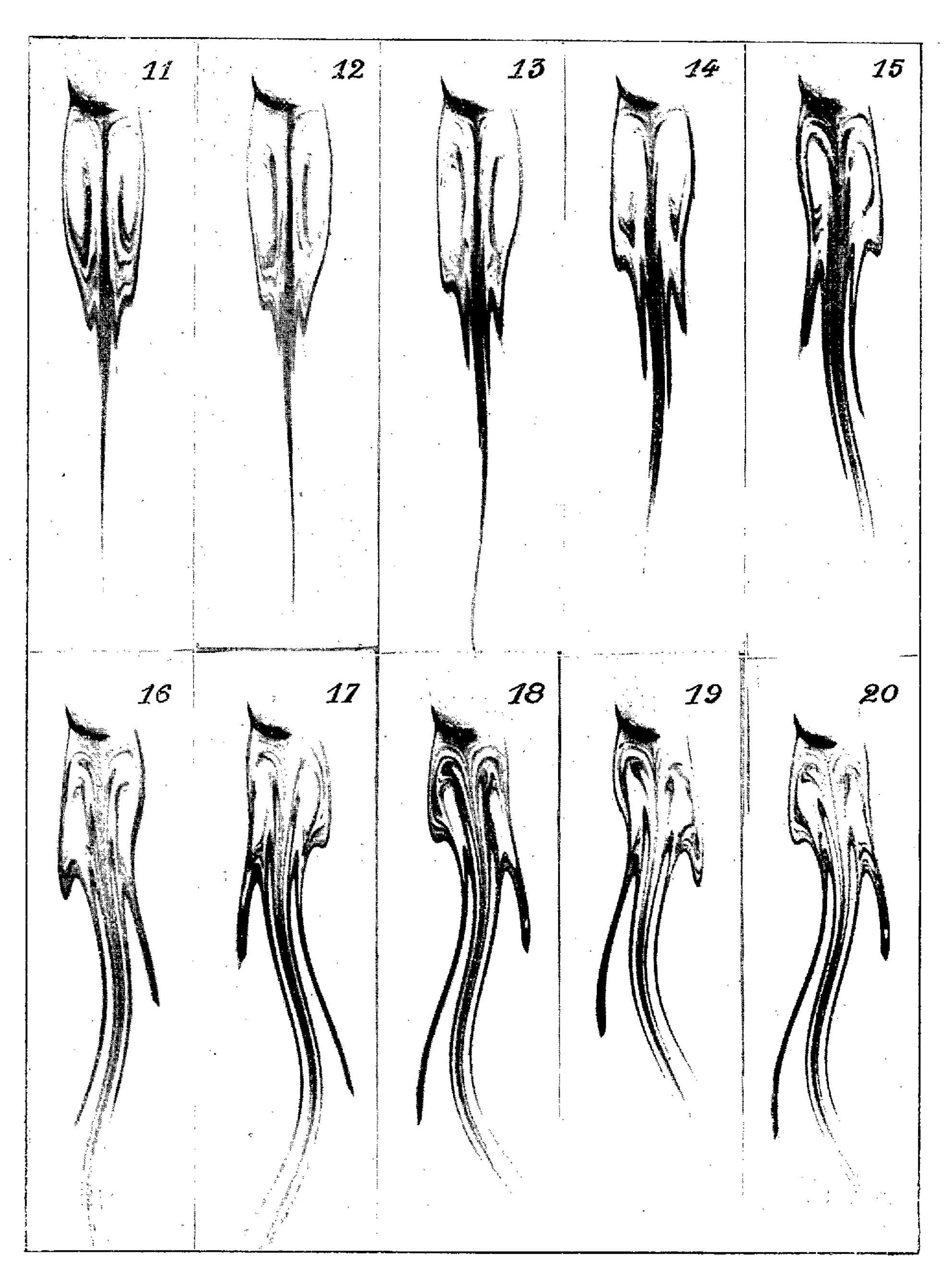


Fig. 3.

ment et permettant d'habiller, à l'aide d'un précipité blanchâtre, les courbes à points singuliers. Le cliché (*fig.* 3, n° 1) donne l'aspect du sillage en régime de Poiseuille. Si par une manœuvre convenable on amène la vitesse à la valeur critique W_0, on assiste d'abord à l'écrasement des courbes par deux tourbillons (*fig.* 3, nos 2 et 3) *symétriques* transitoires. On voit ensuite ces courbes se reformer (*fig.* 3, nos 4 à 8). Cependant, comme le régime turbulent est atteint, il apparaît à l'extrémité des courbes et alternativement de chaque côté de petites déformations, de sortes d'encoches (*fig.* 3, nos 9 et 10) représentées schématiquement par le croquis (*fig.* 4). Ces encoches deviennent de plus en plus marquées; la queue du sillage, jusqu'alors immobile, commence à osciller légèrement (*fig.* 3, nos 11 et 12). Les courbes α, β se déforment de plus en plus, tandis que les encoches s'allongent sous forme de traînées sinueuses qui se rapprochent progressivement de la queue centrale. L'amplitude de l'oscillation de l'ensemble augmente jusqu'à atteindre une valeur limite (*fig.* 3, nos 13 à 20). Le régime permanent est établi.

Pendant la durée du régime de transition, la fréquence des tourbillons alternés reste invariable et égale à la fréquence de ces tourbillons en régime permanent.

IV. Les trajectoires des diverses particules fluides décrivant les courbes α, β perturbées par les tourbillons (*fig.* 5) permettent de déterminer une période unique dont la valeur concorde avec celle déduite de la courbe de Strouhal. Si l'on rapproche ce résultat du fait que les franges du régime turbulent s'immobilisent simultanément dans toute la masse, on peut conclure que l'on se trouve en présence d'un régime turbulent monopériodique.

ASTRONOMIE. — *Observations faites à l'Observatoire de Ksara du passage de Mercure sur le Soleil, le* 10 *novembre* 1927. Note [1] de M. **B. Berloty**.

Conditions de l'observation. — Mercure était déjà sur le Soleil lorsque celui-ci s'est levé. Ciel sans nuages au début et durant une partie du passage; pendant la dernière heure, les nuages apparaissent et se multiplient; néanmoins, les deux derniers contacts ont pu être observés. L'effervescence de l'air a toujours été grande, l'agitation extrême du bord du Soleil au

[1] Séance du 28 novembre 1927.

moment des contacts rendait l'observation difficile. On apercevait sur le Soleil trois groupes de taches non loin desquelles Mercure a passé; le groupe le plus considérable était presque au centre du Soleil, il comprenait un grand nombre de taches, dont l'une très grande, avec un noyau étendu.

Observations. — Elles ont été faites par M. Combier (C) et moi (B), tantôt avec une lunette azimutale de 104^{mm} (grossissement 80), tantôt avec l'équatorial de 200^{mm} réduit par un diaphragme à 80^{mm}; le grossissement de 130 a été remplacé peu après le début par un autre de 118.

Contacts. — Dernier contact intérieur I; dernier contact extérieur E; durée de la sortie D. (Pour Ksara, on a $\varphi = 33°49'25''$N, $\lambda = 2^h33^m33^s,6$, heures exprimées en temps universel TU.)

Heures calculées.

I...	$10^h51^m44^s,6$	E...	$10^h53^m25^s,6$	D...	1^m41^s

Heures observées.

	I.	O — C.	E.	O — C.	D.	O — C.
(C)	$10^h51^m45^s,2$	$+0^s,6$	$10^h52^m48^s,2$	$-37^s,4$	1^m3^s	$-38^s,0$
(B)	$10^h52^m16^s,7$	$+32^s,1$	$10^h53^m46^s,4$	$+20^s,8$	$1^m29^s,7$	$-11^s,3$
(B) — (C)	$+31^s,5$		$+58^s,2$		$+26^s,7$	

Remarques. — M. Combier observait en plein air; j'observais à l'équatorial non loin d'un toit dont la proximité a pu rendre les images plus mobiles, et, en fait, l'agitation était très vive; de ce chef, comme j'ai attendu pour marquer l'heure du contact intérieur que tout filament lumineux ait indubitablement disparu entre Mercure et le bord du Soleil, un retard de quelques secondes (moins de 10) n'est pas impossible. Pour M. Combier, au contraire, le bord du Soleil paraissait à peine ondulé, et il a pu qualifier le contact de géométrique. Je crois avoir observé le contact de sortie avec une certaine précision; il me paraît difficile d'admettre un retard dépassant 2 ou 3 secondes, malgré la très forte effervescence du bord solaire; celle-ci était telle que M. Combier voyait se produire dans le disque du Soleil des encoches pareilles à celle produite par Mercure; il y aurait peut-être là une cause d'une appréciation prématurée.

La divergence de nos observations doit sans doute s'expliquer en grande partie par l'extrême agitation des images, mais n'est-elle pas aussi une nouvelle preuve à l'appui des remarques faites par Wolf et André [1] au

---

[1] *Annales de l'Observatoire de Paris : Mémoires*, **10**, B, p. 4.

sujet du passage de Mercure le 4 novembre 1868. Les écarts de 61 observations du dernier contact intérieur varient de 10^s à 56^s, et ils atteignent $50^s,7$ pour la sortie complète sur 53 observations. Des constatations analogues ont été faites d'autres fois, par exemple, au passage du 14 novembre 1907 [1], où pour le dernier contact intérieur les écarts entre les heures notées par les meilleurs observateurs atteignent 45^s, 25^s, $20^s,5$ respectivement aux Observatoires de Nice, Marseille et Toulouse; pour la sortie totale on trouve de même 30^s, 28^s, 20^s, 21^s, 26^s à Nice, Marseille, Lyon, Besançon et Bordeaux.

Observations diverses. — Nous n'avons observé de goutte noire ni l'un ni l'autre. Au moment de la sortie rien ne distinguait la couleur de Mercure du fond du ciel environnant, et, dès sa sortie complète, Mercure a totalement disparu. A tous les deux Mercure a paru rond et de couleur nettement plus foncée que le noyau des taches solaires, le contraste rappelait celui du noir d'ivoire et du vert olive. L'un de nous n'a pas vu d'auréole à la planète ou l'a à peine soupçonnée, l'autre l'a fréquemment remarquée sans pouvoir affirmer son objectivité.

BOTANIQUE. — *Vue d'ensemble de nos connaissances phytogéographiques du Maroc : Les étages climatiques de végétation.* Note [2] de MM. **R. Maire** et **L. Emberger**.

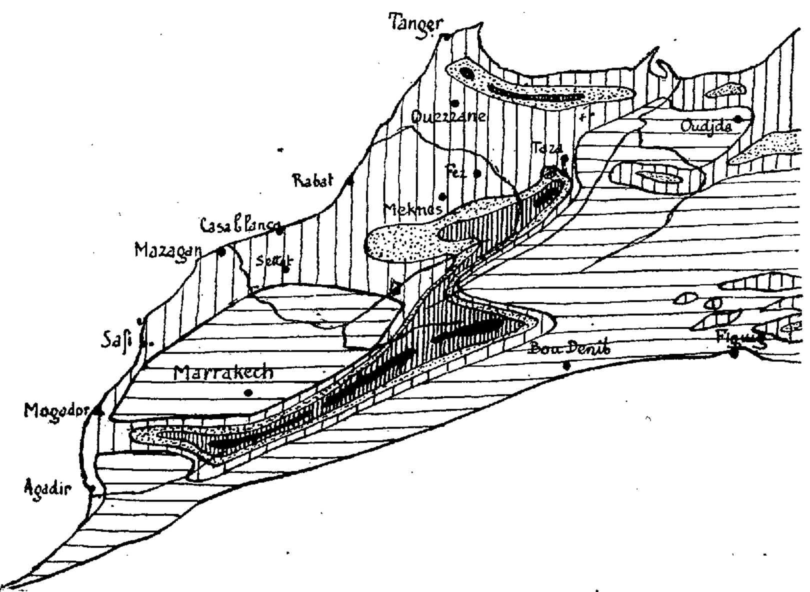
Le Sahara s'avance jusqu'au seuil de l'Atlas. Le Tafilalelt et le bassin du Draâ lui appartiennent presque exclusivement. Ces territoires forment l'*étage saharien* ou *désertique*. Le Dattier (*Phoenix dactylifera* L.), bien que subspontané, caractérise admirablement cet étage. Le désert tend à franchir l'Atlas saharien à l'Est et à contourner, à l'Ouest, le Grand Atlas, mais ces régions étant mieux arrosées, il devient steppe. Un nouvel étage climatique, l'*étage steppique*, s'est différencié [3]. Le Sous, le Haouz et le Tadla lui appartiennent, ainsi que, à l'Est, les Hauts-Plateaux, la vallée de la Moulouya et l'Amalat d'Oudjda. Cet étage se présente avec des caractères divers : à l'Ouest la steppe est une savane à *Argania*, à *Acacia*

(1) *Bulletin de la Société astronomique de France*, 1907, p. 538 et suiv.

(2) Séance du 5 décembre 1927.

(3) La steppe ne peut pas se différencier entre Mogador et Agadir, la côte s'élevant trop brusquement.

gummifera Willd. ou à *Zizyphus Lotus* L.; à l'Est règne la steppe à *Stipa tenacissima* L. ou à *Artemisia herba alba* Asso avec, par endroits, des forêts steppes à *Pistacia atlantica* Desf. et *Zizyphus Lotus* ou à *Juniperus phoenicea* L. (part).



Étage saharien. Étage du Dattier (*Phoenix dactylifera* L.).
Étage steppique : Type oriental : *Stipa tenacissima* L.; homologues : *Artemisia Herba alba* Asso, *Juniperus phoenicea* L. (part.), *Pistacia atlantica* Desf. Type occidental : Savane à *Argania*; homologues : *Zizyphus* ou *Acacia gummifera* Willd.
Étage méditerranéen-atlantique et *méditerranéen*. *Horizon inférieur* : *Callitris*. Homologues : *Juniperus phoenicea* (part.), *Pinus halepensis* L. (part.), *Quercus Suber* (part.) ou *Olea-Pistacia-Chamaerops*, suivant le sol et la pluviosité. *Horizon supérieur* : *Quercus Ilex* en formation xérophile. Homologues : *Pinus halepensis* (part.) et *Cupressus*.
Étage méditerranéen-montagnard : *Quercus Ilex* en formations submésophiles. Homologues : *Q. lusitanica* D. C. et var., *Q. Suber*, *Pinus Pinaster*.
Étage subalpin. *Cedrus* ou *Juniperus thurifera*.
Étage alpin : Végétation alpine différant suivant la nature du sol.
Nota : Les trois étages inférieurs qui se superposent en montagne se juxtaposent en plaine et y deviennent des régions et des domaines.

A l'étage steppique succède l'*étage méditerranéen-atlantique*. Il est très développé, surtout au Maroc occidental septentrional. Cet étage comprend deux horizons : un horizon inférieur à *Callitris articulata* (Vahl) Murb., ou à *Juniperus phoenicea* L. (part.), *Pinus halepensis* L. (part.); un horizon supérieur à *Quercus Ilex* L. en formation xérophile ou *Pinus halepensis* (part.), *Cupressus sempervirens* L. Sur terrains plats, et lorsqu'il tombe plus de 400^{mm} de pluie, l'horizon inférieur est occupé par *Quercus Suber* L. sur sol siliceux

par une forêt-parc claire à *Olea-Pistacia atlantica-Chamaerops* sur sol argileux.

Au-dessus de l'étage méditerranéen-atlantique vient l'*étage méditerranéen-montagnard*. C'est l'étage des Chênes à feuilles caduques (*Q. lusitanica* D. C. et *var.*), du Chêne-Liège montagnard et du Pin maritime (*Pinus Pinaster* L.), mais ces arbres qui caractériseraient bien l'étage montagnard sont peu répandus. Aussi est-ce le Chêne-vert qui en est l'essence la plus répandue; il y forme de belles futaies relativement hygrophiles. Le Chêne-vert caractérise quantitativement et physionomiquement l'étage montagnard au Maroc comme, d'ailleurs, dans toute l'Afrique du Nord; mais comme il est susceptible de chevaucher sur plusieurs étages climatiques à cause de sa grande plasticité, l'étage montagnard est en Afrique du Nord l'étage le plus difficile à délimiter. Cet étage est fréquemment mal individualisé, et il arrive même que les étages méditerranéen-atlantique et subalpin se le partagent (Moyen Atlas : Chaîne du Gaberraal).

L'*étage subalpin* est l'étage du Cèdre [*Cedrus libanotica* Link. subsp. *atlantica* (Man.) Holmb.] ou du *Juniperus thurifera* L.

Les hauts sommets sont occupés par un *étage alpin* typique, caractérisé par une végétation alpine très nette différant suivant la nature du sol.

La carte ci-contre résume les caractères des étages climatiques de la végétation.

M. A. d'Arsonval fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. A. Thooris van Borre, intitulé *Le chant humain* dont il a écrit la *Préface*.

M. C. Matignon fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Émile Lenoble intitulé *Les synthèses totales en Chimie organique*, dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

MM. Charles Depéret et Maurice Lugeon sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé en souvenir de M. *Wilfrid Kilian* à l'Université de Grenoble, le 8 janvier 1928.

M. C. Kœnigs est désigné pour représenter l'Académie à la séance solennelle que la *Fédération française d'athlétisme* tiendra à la Sorbonne, le 25 janvier 1928.

CORRESPONDANCE.

M. **J. Auclair**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Nouvelle théorie de l'écoulement des eaux pluviales d'un plan incliné*, par Alfred Vitols.
2° Poul Freudenthal. *Experimental rickets.*
3° *Nouvelles recherches expérimentales sur le comportement sexuel de* Coprinus micaceus, par René Vandendries.

Mmes **Pierre Allorge-Gatin, Cusco** ;
MM. **Henri Abraham, Émile Argand, Lucien d'Azambuja, Jean Barotte, Georges Bohn, A. Borrel, Augustin Boutaric, Louis de Broglie, Pierre Bugnon, Georges Cerf, Georges Chavanne, André Courtier, Lucien Cuénot, Fernand Daguin, Henri Daudin, Alexandre Dauvillier, Édouard Davaux, Adrien Davy de Virville, André Demay, Jacques Duclaux, Francisque Dumont, Clément Duval, René Fabre, Gabriel Foëx, Marcel Gautier, Jean Gérard, Charles-André Guillaume, René Herpin, Henri Humbert, Fernand Holweck, Marcel Jobelot, André Kling, Émile Kohn-Abrest, M. Langeron, André Léri, Gustave Lesbouyries, Henri Longchambon, André Lwoff, Michel Machebœuf, Louis Merklen, Fernand Monpillard, Henri Neuville, le Père Poisson, Georges Reboul, Edmond Rolants, Edmond** et **Étienne Sergent, Pierre Sève, Dimitri Sensaud de Lavaud, Jean Verge, Ernest Vessiot, Paulin Vezeaux de Lavergne, Stanislas Zaremba** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Désiré Bois, Norbert Casteret, Emilio Damour, Gaston Delépine, Gaston Fayet, Paul Pallary, Marcel Petit, Gustave Rappin, Pierre Teilhard de Chardin, l'École nationale vétérinaire de Lyon,**

L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'AÉRONAUTIQUE ET DE CONSTRUCTION MÉCANIQUE, L'ÉCOLE TECHNIQUE DE PHOTOGRAPHIE ET DE CINÉMATOGRAPHIE, LA FÉDÉRATION FRANÇAISE DES SOCIÉTÉS DE SCIENCES NATURELLES, LE MUSÉE D'HISTOLOGIE DE L'HÔPITAL SAINT-LOUIS adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Conditions aux limites comportant des dérivées tangentielles*. Note (1) de M. **Maurice Gevrey**.

Nons avons formé, dans deux Notes antérieures (2), la solution des problèmes aux limites du type elliptique dans un domaine D sur la frontière S duquel on donne une relation linéaire entre les valeurs de la fonction inconnue u et de sa dérivée conormale. Il y a *trois procédés :* 1° avec fonction de Green; 2° sans fonction de Green; 3° à l'aide d'intégrales étendues à S, formées avec la solution fondamentale et analogues aux potentiels. Comment opérer quand la condition aux limites contient *des dérivées tangentielles?* Traitons la question *dans le plan :* soit

$$\psi_C(u) \equiv \frac{\partial u}{\partial n} + \mathrm{H}(p)\frac{\partial u}{\partial s} + \mathrm{K}(p)\,u = \mathrm{L}(p) \qquad [n \text{ normale intérieure}]$$

la condition donnée en tout point p d'un contour C possédant une courbure finie. La troisième méthode, qui conduit, pour $\mathrm{H} = 0$, à une équation de Fredholm contenant une intégrale simple, n'est plus applicable telle quelle pour $\mathrm{H} \neq 0$; elle nécessite une étude spéciale des *valeurs principales* et une modification de la théorie classique de Fredholm (3). Les deux premières méthodes au contraire, *parce qu'elles utilisent des intégrales doubles*, conduisent au résultat *aussi simplement que dans le cas où* $\mathrm{H} = 0$.

Procédons d'abord *à l'aide d'une fonction de Green* $\mathrm{G}_\mathrm{P}^{\mathrm{II}}$. Soit l'équation

(1) Séance du 19 décembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1109, n°s 1 et 2, et p. 1632, n^{os} I et II. J'ai vu depuis que M. Sternberg (*Mathematische Zeitschrift*, **21**, 1924, p. 286) a employé, pour trois variables, un procédé analogue au *troisième*, mais en partant de la solution fondamentale U de l'équation auto-adjointe, ce qui, avec le calcul de U, introduit *trois* équations intégrales.

(3) Voir E. Picard, *Leçons sur quelques types d'équations aux dérivées partielles*, Chap. IX, X et XI.

intégro-différentielle [1]

$$F_P(u) \equiv \Delta u + a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu + \int\int_D \Gamma_P^M u_M \, d\omega_M = f,$$

où les coefficients sont fonctions de $P(x, y)$ et qui comprend, comme cas particulier ($\Gamma \equiv 0$), l'équation linéaire du type canonique elliptique. L'équation adjointe est

$$\mathcal{F}(v) \equiv \Delta v - \frac{\partial av}{\partial x} - \frac{\partial bv}{\partial y} + cv + \int\int_D \Gamma_M^P v_M \, d\omega_M = 0.$$

On peut former G_P^Π, infinie comme $\mathcal{L}\,P\Pi$ pour $P\Pi = 0$, soit *comme solution de* $F = 0$ *en* P et vérifiant $\psi_C = 0$, soit *comme solution de* $\mathcal{F} = 0$ en Π et vérifiant une condition analogue à $\psi_C = 0$, mais où H a été remplacé par $-H$ et K par $K - \frac{dH}{ds} - a\alpha - b\beta$ (α, β, cosinus directeurs de n). Il suffit, pour démontrer que ces deux conditions donnent la même fonction G, de former $\int\int_D [vF(u) - u\mathcal{F}(v)]\,d\omega$, comme dans la démonstration de la relation d'échange relative à la fonction de Green classique. La solution u est alors

$$u_P = \frac{1}{2\pi}\int_C L(p)\,G_P^p\,ds + \frac{1}{2\pi}\int\int_D f_M G_P^M \, d\omega_M.$$

Pour calculer G, par exemple en tant que solution de $F_P = 0$, nous introduirons le *point-image* P_1 de P, qui est ici un point extérieur à D, coïncidant avec P sur C et tel que les déplacements normaux infiniment petits de P et P_1 à partir de C soient équiopposés (si l'on formait G comme solution de $\mathcal{F}_\Pi = 0$, on prendrait l'image de Π).

Soient alors r, θ et r_1, θ_1 les coordonnées polaires, de pôle Π, des points P et P_1 : nous utiliserons les *fonctions harmoniques conjuguées* $\mathcal{L}\,r$ et θ pour former la fonction auxiliaire V_P^Π et nous poserons, μ et ν étant fonctions de P,

$$V_P^\Pi = \mathcal{L}\,r + \mu\,\mathcal{L}\,r_1 + \nu\theta_1.$$

---

[1] On peut ramener à cette forme les équations où figurent une intégrale double portant sur u et ses dérivées des deux premiers ordres et une intégrale le long de C portant sur u et ses dérivées premières. Voir *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 663.

Sur C, $r = r_1$, $\theta = \theta_1$ et

$$\frac{\partial \mathcal{L} r}{\partial s} = \frac{\partial \mathcal{L} r_1}{\partial s} = \frac{\partial \theta}{\partial n} = -\frac{\partial \theta_1}{\partial n}, \qquad -\frac{\partial \mathcal{L} r}{\partial n} = \frac{\partial \mathcal{L} r_1}{\partial n} = \frac{\partial \theta}{\partial s} = \frac{\partial \theta_1}{\partial s},$$

$$\psi_C(\mathrm{V}_P^{\mathrm{II}}) = \psi(\mu + 1)\mathcal{L} r + \psi(\mu)\theta + (1 - \mu - \mathrm{H}\nu)\frac{\partial \mathcal{L} r}{\partial n} + (\mathrm{H} + \mathrm{H}\mu - \nu)\frac{\partial \mathcal{L} r}{\partial s}.$$

En annulant les coefficients du second membre, de manière que V satisfasse à $\psi_C = 0$, on obtient les valeurs de μ, ν et de leurs dérivées normales sur C et le calcul de G à partir de V s'effectue ensuite, comme nous l'avons expliqué dans notre première Note citée plus haut, au moyen d'une équation intégrale de Fredholm.

Si l'on veut opérer *sans fonction de Green* et, par suite, *sans utiliser l'équation adjointe*, on part de la même fonction V et l'on pose

$$u_P = \int\int_D \mathrm{V}_P^M \varphi_M \, d\omega_M + \chi_P,$$

χ étant une fonction vérifiant la condition $\psi_C(\chi) = \mathrm{L}$; u vérifie aussi cette condition et, en écrivant que $\mathrm{F}(u) = f$, on obtient l'équation intégrale

$$2\pi\varphi_P + \int\int_D \mathrm{F}_P(\mathrm{V}_P^{\mathrm{II}})\varphi_M \, d\omega_M + \mathrm{F}_P(\chi) - f = 0$$

Le choix de χ, ainsi que celui de μ et ν, comporte une grande latitude; il faut que $\mathrm{F}(\chi)$, $\mathrm{F}(\mu)$ et $\mathrm{F}(\nu)$ soient de nature à permettre la résolution de l'équation intégrale à laquelle on est conduit : la nature de H, K, L permet d'obtenir χ, μ, ν plus ou moins simplement. Si, par exemple, L satisfait à la condition de Lipschitz généralisée, l'intégrale $\frac{1}{\pi}\int_C \frac{\mathrm{L}d^2}{\overline{\mathrm{P}p}^2} ds$ pourra jouer le rôle de χ, d étant la distance de P à C.

Nous avons déjà rencontré un problème de ce genre, mais avec $\mathrm{K} = \mathrm{L} = 0$, dans la résolution de l'*équation des marées dynamiques* (1).

---

(1) *Comptes rendus*, **179**, 1923, p. 1243.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination des éléments linéaires de Liouville pour lesquels l'équation des lignes géodésiques admet au moins deux intégrales rationnelles en la dérivée première.* Note (¹) de M. **Jules Drach.**

La détermination, donnée antérieurement (²), des formes les plus générales de $\lambda(u, v)$ pour lesquelles, en posant $\mathcal{F} = \frac{pq}{\lambda} = 1$ avec $p = \frac{\partial z}{\partial u}$, $q = \frac{\partial z}{\partial v}$, l'équation

$$(1) \qquad (\mathcal{F}, \varphi) = \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial p}\frac{\partial \varphi}{\partial u} - \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial u}\frac{\partial \varphi}{\partial p} + \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial q}\frac{\partial \varphi}{\partial v} - \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial v}\frac{\partial \varphi}{\partial q} = 0$$

admet pour φ *une* solution rationnelle en (p, q) (ou même de forme plus générale), conduit à des transcendantes λ de nature assez compliquée, dépendant de fonctions arbitraires. Il n'en est plus de même si l'on exige que l'équation (1) possède au moins *deux* solutions rationnelles en p, q. Une méthode régulière, basée sur l'analyse précise des relations qui lient, suivant les différents cas, *toutes* les solutions envisagées de (1), nous a permis la détermination effective de $\lambda(u, v)$. En voici l'application aux éléments linéaires de Liouville où $\lambda(u, v) = G(\beta) - F(\alpha)$ $(\beta = u + v,\ \alpha = u - v)$, pour lesquels on a l'intégrale quadratique $\varphi = p^2 + q^2 + 2pq\frac{F+G}{F-G}$, une autre, transcendante, ψ étant donnée par $d\psi = \frac{d\alpha}{\sqrt{\varphi + 4F}} + \frac{d\beta}{\sqrt{\varphi + 4G}}$.

Il s'agit donc de trouver les formes de F et de G pour lesquelles l'équation $(\mathcal{F}, f) = 0$ admet une intégrale f *rationnelle* en (p, q), ce qui entraîne *ici* l'existence d'une intégrale *entière* en (p, q).

A. Dans le cas simple où λ ne dépend que de α (ds^2 de révolution), φ est linéaire : $\varphi = p + q$ avec $d\psi = d\beta + \frac{\varphi\, d\alpha}{\sqrt{\varphi^2 - 4\lambda}}$.

Si f est une intégrale de degré m en p, q, $\frac{df}{d\psi}$, qui se réduit à $\frac{\partial f}{\partial \beta}$, est une

---

(¹) Séance du 19 décembre 1927.

(²) Cf. *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1155, et ma Communication dans les *Proceedings of the international Congress of Mathematicians* de Toronto, 1924.

intégrale de même degré; donc $\frac{d^2f}{d\psi^2}$ également, etc. Le cas principal donne

$$\frac{d^2f}{d\psi^2}=kf \quad \text{avec} \quad k=\pm 1, \qquad \text{d'où} \qquad \left(\frac{df}{d\psi}\right)^2=kf^2+\Omega(\varphi),$$

où $\Omega(\varphi)$ est un polynome d'ordre $2m$ à coefficients constants. Il convient ici de remplacer φ^2 par h et de distinguer deux cas suivant la parité de m.

On aura, *par exemple*, $f=\sqrt{h}\,\mathrm{M}\sin\beta-\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial\alpha}\sqrt{h-4\lambda}\cos\beta$, où M, polynome en h, satisfait à la condition $\frac{\partial^2\mathrm{M}}{\partial\alpha^2}(h-4\lambda)-2\lambda'\frac{\partial\mathrm{M}}{\partial\alpha}+h\mathrm{M}=0$.

La détermination des coefficients de M et de λ résulte de l'existence de l'intégrale première

$$\left(\frac{\partial\mathrm{M}}{\partial\alpha}\right)^2(h-4\lambda)+h\mathrm{M}^2=\sigma(h),$$

où $\sigma(h)$ est un polynome en h à coefficients constants, de même degré que le premier membre et n'exige qu'une quadrature qui introduit $\cos\alpha$. Ici, λ est *algébrique en* $\cos\alpha$.

Des cas de dégénérescence conduisent aux équations $\frac{df}{d\psi}=f$, $\frac{d^2f}{d\psi^2}=\sigma(\varphi)$, $\frac{\partial f}{\partial\psi}=\sigma(\varphi)$, pour lesquelles α est *algébrique* en e^α ou bien en α.

B. Pour la forme générale de Liouville, si l'intégrale de degré minimum est de degré $(2m+1)$ en (p, q) on peut l'écrire

$$f=\frac{\partial\Phi}{\partial\alpha}\sqrt{\varphi+4\mathrm{F}}+\frac{\partial\Phi}{\partial\beta}\sqrt{\varphi+4\mathrm{G}},$$

où Φ, polynome en φ d'ordre m, doit satisfaire au système déduit de l'identité $\frac{\partial^2\Phi}{\partial\beta^2}(\varphi+4\mathrm{G})+2\frac{\partial\Phi}{\partial\beta}\mathrm{G}'=\frac{\partial^2\Phi}{\partial\alpha^2}(\varphi+4\mathrm{F})+2\frac{\partial\Phi}{\partial\alpha}\mathrm{F}'$.

Ici $\frac{df}{d\psi}$ est une nouvelle intégrale de degré $(2m+2)$, $\frac{d^2f}{d\psi^2}$ est de degré $(2m+3)$ et l'on a, en général, $\frac{d^2f}{d\psi^2}=(k\varphi+l)f$, où k, L sont des constantes absolues; d'où l'on conclut $\left(\frac{df}{d\psi}\right)^2=(k\varphi+l)f^2+\Omega(\varphi)$, où Ω est un polynome à coefficients constants de degré $(2m+1)$. Tout peut se déduire de là; d'abord la forme de Φ en α, β : $\Phi=\mathrm{A}(\varphi, \alpha)\mathrm{B}(\varphi, \beta)$ où A et B sont deux polynomes en φ de degrés r, s avec $r+s=m$ et ensuite avec les équations différentielles pour les coefficients de A et F par exemple,

leurs intégrales, *comme plus haut*. Les fonctions F et G sont *algébriques* en $\cos\alpha$, $\cos\beta$, ou en $\cos h\alpha$ et $\cos h\beta$.

Des modifications de pure forme sont à apporter si l'intégrale f de degré minimum est de degré pair $(2m+2)$. Les cas de dégénérescence donnent F et G *algébriques* en α et en β.

C. Les intégrales *linéaires* et *quadratiques* doivent être traitées à part. Si f est linéaire en p, q, on peut avoir $\frac{d^2f}{d\psi^2} = kf^3+(l\varphi+m)f$, d'où l'intégrale première $\left(\frac{df}{d\psi}\right)^2 = \frac{k}{2}f^4+(l\varphi+m)f^2+\Omega(\varphi)$, où Ω est du second degré en φ.

Si f est quadratique en p, q, on aura $\frac{d^2f}{d\psi^2} = kf^2+(l\varphi+m)f+n$, où k, l, m, n sont des constantes, et $\left(\frac{df}{d\psi}\right)^2 = \frac{2k}{3}f^3+(l\varphi+m)f^2+2nf+\Omega(\varphi)$, $\Omega(\varphi)$ étant du troisième degré en φ. Ces formes font pressentir l'apparition des *fonctions elliptiques* dans F et dans G.

On retrouve ainsi, par une méthode élémentaire, les résultats dus à l'étude ingénieuse et profonde faite par M. G. Kœnigs de l'équation *fonctionnelle* dont dépend le problème (1). Le détail de ces recherches paraîtra prochainement ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles et intégrales non linéaires*. Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Nous allons établir l'existence des solutions des *équations intégrales* de la forme

$$\varphi(x,y) = \frac{F(x,y)+\lambda\int_m^x\int_p^y P[x,y,t,v,\varphi(t,v)]\,dt^m\,dv^p}{J(x,y)+\lambda\int_m^x\int_p^y Q[x,y,t,v,\varphi(t,v)]\,dt^m\,dv^p},$$

où P et Q désignent des polynomes entiers par rapport à l'inconnue φ, les coefficients étant analytiques en x, y, t, v. Nous étendons à ce nouveau type le résultat général que nous avons obtenu précédemment (2) au sujet des équations *normales*.

(1) Cf. G. Darboux, *Leçons sur la Théorie des surfaces*, 4e Partie, 1896, Note II, p. 368.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 437. Nous avons aussi démontré ce résultat pour certaines équations *intégro-différentielles aux dérivées partielles* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 525).

Les conclusions subsisteraient d'ailleurs s'il y avait au numérateur et au dénominateur d'autres termes contenant en facteurs encore d'autres intégrales avec des ordres de multiplicité différents. Bien entendu, les résultats s'appliquent d'eux-mêmes aux *équations différentielles ordinaires* ou *aux dérivées partielles* qui sont des cas particuliers des précédentes.

II. Pour abréger, exposons le principe de la méthode sur le cas simple de l'équation

$$(1)\qquad \varphi(x, y) = \frac{f(x, y) + \lambda \int_m^x \int_p^y g(x, y, t, v)\, \varphi(t, v)\, dt^m\, dv^p}{1 + \lambda \int_m^x \int_p^y h(x, y, t, v)\, \varphi(t, v)\, dt^m\, dv^p}.$$

Elle est *formellement* satisfaite par le développement en série

$$\varphi(x, y) = \sum_{n=0}^{n=+\infty} \varphi_n(x, y),$$

dont les termes successifs sont définis par les formules de récurrence

$$(2)\qquad \begin{cases} \varphi_0(x, y) = f(x, y), \\ \varphi_n(x, y) = \lambda \int_m^x \int_p^y [g(x, y, t, v)\, \varpi_{n-1}(t, v) - h(x, y, t, v)\, w_{n-1}(x, y, t, v)]\, dt^m\, dv^p, \end{cases}$$

en posant

$$(3)\qquad \varpi_{n-1}(t, v) = \sum_{i=0}^{i=n-1} \varphi_i(t, v)\, \varphi_{n-1-i}(t, v), \qquad w_{n-1}(x, y, t, v) = \sum_{i=0}^{i=n-1} \varphi_i(x, y)\, \varphi_{n-1-i}(t, v).$$

Cherchons des conditions de *convergence* absolue et uniforme. Nous faisons les mêmes hypothèses et conventions générales que dans la Note précitée (en haut de la page 438) sur le domaine d'holomorphie D_x, D_y des coefficients f, g, h et sur les chemins d'intégration. Soient alors M_0 la borne supérieure de $|f(x, y)|$ dans (D_x, D_y) et M celle de $|g(x, y, t, v)|$ et de $|h(x, y, t, v)|$; s et σ les longueurs des lignes d'intégration joignant, dans D_x et D_y, les origines fixes x_0 et y_0 aux points variables x, y; L et L' les valeurs de s et σ relatives respectivement à deux points x_0, x de D_x les plus distants possible l'un de l'autre et à deux points analogues y_0 et y de D_y. On trouve alors l'inégalité

$$(4)\qquad |\varphi_n(x, y)| < M_0 \left[\frac{c\,|\lambda|\, M M_0 s^m \sigma^p}{m!\, p!}\right]^n,$$

c étant la constante $1 + \frac{1}{mp}\left[1 + \sum_{n=2}^{+\infty} \frac{1}{(n-1)^2 n^2}\right]$, laquelle est $< 1 + \frac{13}{6mp}$.
Soient maintenant l et l' deux constantes satisfaisant à la condition

$$(5) \qquad c\,|\lambda|\,\mathrm{MM}_0\, l^m l'^p < m!\, p!$$

Appelons alors (Δ_x, Δ_y) un domaine constitué par les régions de D_x et de D_y qui sont intérieures respectivement aux cercles décrits de x_0 et y_0 comme centres avec des rayons égaux à un des couples de longueurs l, l'. Dans ces conditions, on voit que :

Théorème d'existence. — *L'équation* (1) *a une solution* $\varphi(x, y)$ *holomorphe, représentée par la série* $\sum_{n=0}^{+\infty} \varphi_n(x, y)$ *dans tout le domaine* Δ_x, Δ_y (¹).

III. Si le domaine d'existence de la solution se confond avec (D_x, D_y), qui est celui des coefficients, nous disons que l'équation est *normale*.

Il en sera notamment ainsi, si l'on peut satisfaire à (5) avec deux nombres $l > L$ et $l' > L'$. Or cela sera évidemment *toujours* possible, *si* m ou p, donc $m + p$, est suffisamment grand. Donc :

Théorème. — *Dès que l'ordre intégral* $(m + p)$ *est suffisamment grand, l'équation considérée est normale.*

Ces conclusions s'appliquent aux domaines *réels* et à certains domaines nfinis.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le problème de Dirichlet.*
Note (²) de M. **Floran Vasilesco**, présentée par M. J. Hadamard.

On appelle *capacité* d'un ensemble E (³), borné, de l'espace, le nombre donné par l'intégrale $\frac{1}{4\pi}\int_S \frac{\partial v(P)}{\partial n}\, dS$, étendue à une surface S ayant une

(¹) Cette série est d'ailleurs entière par rapport au paramètre λ.

(²) Séance du 19 décembre 1927.

(³) Cette notion est due à M. N. Wiener, *Certain notions in potential theory* (*Jour. of Math. and Phys. of the Mass. Inst. of Tech.*, 3, 1924, p. 26). La définition adoptée ici est celle de M. Kellogg, *On the classical Dirichlet problem for general domains* (*Proc. of the Nat. Ac. of Sc.*, 12, vi, juin 1926, p. 402). Elle diffère légèrement de celle de M. Wiener. Si l'ensemble E est un conducteur, elle coïncide avec la notion classique de *capacité électrostatique*. C'est aussi la définition de M. Bouligand [voir page suivante note (³)].

normale en chaque point et entourant E; on désigne par $v(P)$ le *potentiel* de E, c'est-à-dire la solution du problème de Dirichlet généralisé ([1]) pour le domaine infini défini par E et la valeur 1 sur E ([2]). La capacité ne dépend pas de S.

I. J'appellerai *impropre* ([3]), *tout ensemble* E, *borné ou non, dont chaque partie bornée et fermée est de capacité nulle.*

E étant un ensemble fermé quelconque, pour chacun de ses points, ou bien il existe une sphère (r), centrée en ce point et de rayon r assez petit pour que la portion E_r de E, qu'elle contient, soit de capacité nulle, ou bien cela n'est pas. *L'ensemble* $\mathcal{E}$ des points de E, pour lesquels le premier cas se présente, *est impropre*. On le voit à l'aide du lemme de MM. Borel-Lebesgue.

II. J'appellerai *réduit*, ou *sans partie impropre, tout ensemble fermé pour lequel le deuxième cas se présente seul.*

On voit aisément que $E - \mathcal{E}$ *est un ensemble réduit*. Tout ensemble E peut ainsi être réduit.

III. Théorème. — *Soient* T *un domaine et* B *une partie de sa frontière telle que* $T' = T + B$ *soit encore un domaine. Si* B *est un ensemble impropre, toute fonction harmonique dans* T *et bornée dans le voisinage de* B *peut être définie sur* B *de manière qu'elle soit harmonique dans* T', *et réciproquement, si cela a lieu,* B *est un ensemble impropre* ([4]).

IV. Soit Ω un domaine, borné ou non, de frontière *bornée* Σ dont la partie impropre (II) soit $\mathcal{E}$.

([1]) Solution donnée par M. Wiener (*loc. cit.*, p. 25).

([2]) E sera supposé fermé, car cette solution reste la même si l'on ajoute à l'ensemble ses points limites.

([3]) J'emprunte cette appellation à M. G. Bouligand, *Sur le problème de Dirichlet* (*Annales de la Soc. polonaise de Math.*, 4, 1925, p. 78-79 et suiv.) qui désigne ainsi *un ensemble fermé de capacité nulle*.

([4]) Ce théorème généralise celui donné par M. Kellogg, *loc. cit.*, p. 403, théorèmes VII et VIII, dont l'énoncé en contient un autre de M. Bouligand, *loc. cit.*, p. 104, n° 35.

Dans le théorème de M. Kellogg, B *est de capacité nulle;* on doit le supposer de plus *entièrement contenu dans* T, sans quoi la réciproque pourrait tomber en défaut. Il suffit, pour le voir, de prendre pour T un domaine sphérique, moins un ensemble B de points isolés, ayant toute la surface de la sphère pour limite. B a même capacité que la sphère, donc non nulle.

Aucun point de $\mathcal{E}$ n'est limite de points extérieurs *à* Ω, faute de quoi, dans une sphère (r), (I), centrée en un point de $\mathcal{E}$, la fonction égale à o aux points de Ω et à 1 aux points *intérieurs* à Ω serait harmonique (d'après III), ce qui est impossible. Il en résulte que $\Omega' = \Omega + \mathcal{E}$ *est encore un domaine, dont la frontière* $\Sigma' = \Sigma - \mathcal{E}$ *est réduite*.

J'appellerai *frontière extérieure* de Ω', l'ensemble Σ'_e des points de Σ' limites de points *extérieurs* à Ω'. Les autres points de Σ' formeront la *frontière intérieure*. Donc $\Omega'' = \Omega' + \Sigma'_i$ est encore un domaine de frontière Σ'_e.

V. Théorème. — *La solution du problème de Dirichlet généralisé pour* Ω *est la même que pour* Ω', *si les données frontières coïncident sur* Σ'.

Les théorèmes III et V justifient l'appellation d'ensemble impropre.

En particulier, *la fonction de Green généralisée est la même pour* Ω *et* Ω' (¹).

VI. Les ensembles *réduits bornés*, *sans points intérieurs*, peuvent être seuls considérés pour l'étude des ensembles au point de vue de la capacité (V). Un tel ensemble, E, partage l'espace en un domaine infini et d'*un seul tenant* D, et un domaine borné d. Si E′ est la frontière de D, on a $E' = E'_e + E'_i$ et $E'_e = E_e$, frontière extérieure de d.

Théorème. — *Le potentiel de tout ensemble réduit* E *tend vers* 1 *pour un ensemble de points partout dense sur* E'_e *et admet* 1 *comme limite supérieure en chaque point de* E′ (²).

On en déduit le théorème corrélatif suivant;

VII. *La fonction de Green du domaine* D *tend vers zéro, aux points d'un ensemble partout dense sur* E'_e *et admet zéro comme limite inférieure en chaque point de* E′.

VIII. Considérons le domaine Ω' et supposons-le d'un seul tenant afin d'avoir des résultats plus précis, sans nuire à la généralité.

Théorème général. — *Sur la frontière extérieure* Σ'_e *de* Ω', *l'ensemble des points réguliers de* Σ' *est partout dense; cela peut arriver aussi pour les points irréguliers* sur Σ'.

(¹) La fonction de Green généralisée a été définie par M. Bouligand (*Comptes rendus*, 169, 1919, p. 763). C'est en considérant les valeurs limites, à la frontière, de cette fonction, que M. Bouligand a été conduit à distinguer *les parties impropres* de la frontière, qui sont des ensembles fermés de capacités nulles.

(²) Kellogg, *loc. cit.*, p. 404, lemme IV, démontre le théorème suivant : *Le potentiel d'un ensemble de capacité positive a sa borne supérieure égale à* 1.

Sur la frontière intérieure Σ'_i de Ω', on peut affirmer seulement que la limite inférieure de la fonction de Green de Ω' est nulle (1).

Ces résultats seront développés dans un Mémoire ultérieur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des fonctions par les zéros de leurs dérivées*. Note de M. **W. Gontcharoff**, présentée par M. Hadamard.

Dans ce qui suit, j'étudie deux cas particuliers du problème général suivant. *Un domaine* D (*complexe ou réel*) *et une classe* F *de fonctions définies dans* D *étant donnés, ainsi qu'une fonction* $f(x)$ *appartenant à cette classe, existe-t-il une fonction* $\varphi(x)$ *de la classe* F[$\varphi(x) \not\equiv Cf(x)$] *telle que l'on ait* $\mathcal{E}(f^{(n)}) \equiv \mathcal{E}(\varphi^{(n)})$ *pour un certain nombre (fini ou infini) d'indices de dérivation n,* $\mathcal{E}(f)$ *désignant l'ensemble des zéros de la fonction* $f(x)$ *qui se trouvent dans* D (2), *et la fonction elle-même étant considérée comme la dérivée d'ordre* 0?

1. Le domaine D est *le plan complexe* tout entier, la classe F est formée par *les fonctions méromorphes d'ordre fini et à multiplicité bornée et ayant leurs pôles fixes* (3) (on n'exclut pas le cas des fonctions entières). Je dis qu'une fonction méromorphe $f(x)$ est *à multiplicité bornée*, s'il existe un nombre positif $K \equiv K(f)$ tel que tous les zéros et tous les pôles de $f(x)$ sont d'ordres de multiplicité non supérieurs à K.

Dans ce cas, *deux conditions* $\mathcal{E}(f) \equiv \mathcal{E}(\varphi)$, $\mathcal{E}(f') \equiv \mathcal{E}(\varphi')$ *suffisent pour qu'il s'ensuive* $\varphi(x) \equiv Cf(x)$, sauf les cas exceptionnels :

(1) $f(x) = Ae^{\alpha P(x)}$, $\varphi(x) = Be^{\beta P(x)}$ [$P(x)$ polynome],

(2) $f(x) = A[1 + e^{P(x)}]^m$, $\varphi(x) = B[1 + e^{-P(x)}]^m$ [$P(x)$ polynome, m entier].

Par contre, les fonctions à multiplicité non bornée échappent à cette

(1) Car on ne sait pas encore *s'il existe des ensembles de capacité non nulle sans points réguliers*. Si de tels ensembles existent, on voit (VI) que la frontière intérieure Σ'_i pourrait être formée uniquement de points irréguliers.

Le théorème (VIII) est apparenté à quelques-uns des théorèmes énoncés par M. Bouligand (*loc. cit.*).

(2) Chaque zéro multiple d'ordre k est à compter k fois.

(3) Même remarque que pour les zéros.

proposition ainsi que le fait voir l'exemple

$$f(x)=e^{\frac{1}{2\pi i}\int_0^x F(t)\,dt+\frac{x^2}{8\pi i}},\qquad \varphi(x)=e^{\frac{1}{2\pi i}\int_0^x F(t)\,dt-\frac{x^2}{8\pi i}},$$

où $F(t)$ est la fonction génératrice des nombres de Bernoulli :

$$F(t)=\frac{t}{2}\,\frac{e^t+1}{e^t-1}$$

(ces fonctions $f(x)$ et $\varphi(x)$ ont des zéros et des pôles multiples d'ordre croissant indéfiniment ; d'ailleurs, des exemples analogues de fonctions entières se laisseraient construire aussi).

En ajoutant *la troisième condition* $\mathcal{E}(f'')=\mathcal{E}(\varphi'')$, *même sans exclure les fonctions à multiplicité non bornée*, on obtient les cas exceptionnels plus restreints :

(1) $$f(x)=Ae^{ax},\qquad \varphi(x)=Be^{bx},$$

(2) $$f(x)=A(1+e^{ax+b}),\qquad \varphi(x)=B(1+e^{-ax-b}),$$

(3) $$f(x)=A\,\frac{e^{P(x)}}{e^{P(x)}-1},\qquad \varphi(x)=B\,\frac{1}{e^{P(x)}-1}\qquad [P(x),\ \text{polynome}].$$

Dans ces cas, on a même $\mathcal{E}(f^{(n)})\equiv\mathcal{E}(\varphi^{(n)})$ pour $n=3, 4$), etc.

Au sujet des fonctions d'ordre infini, je me bornerai à signaler ceci : quelle que soit la fonction méromorphe $f(x)$, on peut en indiquer une autre $\varphi(x)[\varphi(x)\not\equiv Cf(x)]$, possédant les mêmes pôles et vérifiant les conditions $\mathcal{E}(f)\equiv\mathcal{E}(\varphi)$, $\mathcal{E}(f')\equiv\mathcal{E}(\varphi')$. Telle est, par exemple :

$$\varphi(x)=f(x)\,e^{\int\frac{f'(x)}{f(x)}(e^{F(x)}-1)\,dx},$$

où l'on choisira $F(x)$ parmi les fonctions entières qui possèdent, comme zéros, tous les zéros et tous les pôles de $f(x)$.

2. Le domaine D est *l'axe réel;* la classe F est formée par *toutes les fonctions réelles indéfiniment dérivables et périodiques, de période* 2π.

$f(x)$ étant un polynome trigonométrique réel [*de période* 2π, $f(x)\not\equiv$ const.] *et $\varphi(x)$, une fonction quelconque de la classe* F, *si, pour toutes les valeurs de la variable réelle x et pour une suite de valeurs indéfiniment croissantes de n, on a*

$$f^{(n)}(x)\,\varphi^{(n)}(x)\geqq 0,$$

il existe entre $f(x)$ et $\varphi(x)$ *une relation linéaire :*

$$\varphi(x)\equiv Cf(x)+C'.$$

La constante C′ peut effectivement être différente de zéro, comme le montre l'exemple

$$f(x) = 1 + \cos x, \qquad \varphi(x) = 3 + 2\cos x.$$

Cependant, si l'on sait que $f(x)\,\varphi(x) \geqq 0$ et que $f(x)$ s'annule en changeant de signe pour une valeur de x, on obtient immédiatement $C' = 0$.

Je ferai une application de la proposition qui précède en faisant voir qu'une fonction $\varphi(x)$, donnée sur tout l'axe réel, est définie par les conditions suivantes :

(1) $\varphi(x)$ est indéfiniment dérivable;

(2) $\mathcal{E}[\varphi^{(n)}(x)] \equiv \mathcal{E}(\sin^{(n)} x)$ pour $n = 0, 1, 2, \ldots;$

(3) $\varphi'(0) = 1.$

En effet, d'abord, en vertu d'un théorème de M. S. Bernstein [1], la fonction $f(x)$ est analytique pour toutes les valeurs réelles de x; ensuite, on voit que

$$\varphi\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \varphi\left(\frac{\pi}{2} + x\right), \qquad \varphi\left(-\frac{\pi}{2} - x\right) = \varphi\left(-\frac{\pi}{2} + x\right),$$

donc $\varphi(x)$ est périodique de période 2π; on s'appuie alors sur la proposition précédente en posant $f(x) = \sin x$, et l'on en conclut $\varphi(x) \equiv C\sin x$; enfin, de (3), on tire $C = 1$.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les équations de Poincaré.*

Note de M. Četajev, transmise par M. Appell.

L'une des belles découvertes de Poincaré est la forme des équations de la Mécanique, qu'il a donnée dans les *Comptes rendus* (132, 1901, p. 369). Dans cette Note, nous ramenons les équations du mouvement, prises sous la forme donnée par Poincaré, à la forme canonique et à celle de Jacobi.

En conservant les notations de Poincaré, nous comprenons l'expression $X_i X_k$ au sens $X_i[X_k]$. Dans ce cas, les équations de Poincaré sont

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \eta_i}\right) = \sum C_{kis}\,\eta_k \frac{\partial T}{\partial \eta_s} + \Omega_i.$$

---

(1) *Leçons sur les propriétés extrémales et la meilleure approximation des fonctions analytiques d'une variable réelle*, p. 196-197, Paris, Gauthier-Villars, 1926.

Prenons comme nouvelle variable, à la place de η_i, les quantités

$$y_i = \frac{\partial T}{\partial \eta_i}.$$

En considérant la variation de l'intégrale de Hamilton

$$S = \int (\Sigma y_i \eta_i - H)\, dt,$$

où $H(y_i, x_i, t)$ est l'expression $\Sigma y_i \eta_i - T + U$ exprimée au moyen du nouveau système de variables x_i, y_i, t, nous écrivons les équations du mouvement sous forme canonique

$$\frac{dy_i}{dt} = \sum C_{kis} \frac{\partial H}{\partial y_k} y_s - \Omega_i,$$
$$\frac{dx_i}{dt} = \sum \frac{\partial H}{\partial y_k} X_k^i.$$

Soient $\varphi(x_i, y_i, t) = a$ et $\psi(x_i, y_i, t) = b$ deux intégrales premières des équations du mouvement; je dis que

$$(\varphi, \psi) \equiv \sum \left[\frac{\partial \varphi}{\partial y_i} X_i(\psi) - \frac{\partial \psi}{\partial y_i} X_i(\varphi) \right] + \sum C_{kis} \frac{\partial \varphi}{\partial y_i} \frac{\partial \psi}{\partial y_k} y_s = \text{const.}$$

en est une troisième.

Soit l'équation aux dérivées partielles du premier ordre

$$\frac{\partial V}{\partial t} + H[X_i(V), x_i, t] = 0$$

qui définit V en fonction des variables $x_1, x_2, \ldots, x_n, t$, regardées comme indépendantes. Si l'on connaît une intégrale complète

$$V(x_1, x_2, \ldots, x_n, t, a_1, a_2, \ldots, a_n)$$

de cette équation avec n constantes arbitraires a_i dont aucune n'est une constante additive, les équations finies du mouvement, c'est-à-dire les intégrales générales des équations canoniques, sont

$$\frac{\partial V}{\partial a_i} = b_i, \qquad y_i = X_i(V),$$

avec les constantes arbitraires a_i, b_i.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la distribution des vitesses et des densités dans un fluide hétérogène en rotation.* Note [1] de M. ÉMILE MERLIN, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons un fluide parfait, hétérogène, dont les particules décrivent des circonférences ayant pour axe commun la droite fixe Oz, sous l'action de forces qui, rapportées à l'unité de masse, dérivent d'un potentiel, V, lequel peut contenir le temps. Dans le plan mené par O, perpendiculairement à Oz, adoptons les coordonnées polaires r, θ. Soient ω la vitesse angulaire; ρ la densité; p la pression au point $M(z, r, \theta)$ et à l'instant t.

Les équations d'Euler et l'équation de continuité s'écrivent :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial \theta} = \dfrac{\partial v}{\partial \theta} - r^2\left(\omega\dfrac{\partial \omega}{\partial \theta} + \dfrac{\partial \omega}{\partial t}\right), \\ \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial r} = \dfrac{\partial v}{\partial r} + \omega^2 r, \\ \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z} = \dfrac{\partial v}{\partial z}; \end{cases}$$

$$(2)\quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\omega)}{\partial \theta} = 0.$$

Les premières conduisent aux conditions d'intégrabilité

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial \rho}{\partial r}\dfrac{\partial V}{\partial \theta} - \dfrac{\partial \rho}{\partial \theta}\dfrac{\partial V}{\partial r} - \dfrac{\partial}{\partial r}\left[r^2\rho\left(\omega\dfrac{\partial \omega}{\partial \theta} + \dfrac{\partial \omega}{\partial t}\right)\right] - \dfrac{\partial(\omega^2 r\rho)}{\partial \theta} = 0, \\ \dfrac{\partial \rho}{\partial z}\dfrac{\partial V}{\partial r} - \dfrac{\partial \rho}{\partial r}\dfrac{\partial V}{\partial z} + \dfrac{\partial(\omega^2 r\rho)}{\partial z} = 0, \\ \dfrac{\partial \rho}{\partial \theta}\dfrac{\partial V}{\partial z} - \dfrac{\partial \rho}{\partial z}\dfrac{\partial V}{\partial \theta} + \dfrac{\partial}{\partial z}\left[r^2\rho\left(\omega\dfrac{\partial \omega}{\partial \theta} + \dfrac{\partial \omega}{\partial t}\right)\right] = 0; \end{cases}$$

desquelles on déduit, en posant $r^2 = r'$,

$$(4)\quad \frac{\partial \rho}{\partial z}\frac{\partial}{\partial r'}\left[r'\left(\frac{\partial \omega^2}{\partial \theta} + 2\frac{\partial \omega}{\partial t}\right)\right] - \frac{\partial \rho}{\partial r'}\frac{\partial}{\partial z}\left[r'\left(\frac{\partial \omega^2}{\partial \theta} + 2\frac{\partial \omega}{\partial t}\right)\right] + \frac{\partial \rho}{\partial z}\frac{\partial \omega^2}{\partial \theta} - \frac{\partial \rho}{\partial \theta}\frac{\partial \omega^2}{\partial z} = 0.$$

Les équations (4) étant satisfaites, l'une des équations (3) est une combinaison linéaire des deux autres, lesquelles forment un système complet. Pour que le mouvement considéré puisse se produire, il faut et il suffit que ρ et ω vérifient, à chaque instant, les équations (2) et (4).

---

[1] Séance du 19 décembre 1927.

Comme nous n'envisagerons ici que le cas où ρ n'est pas constante sur une parallèle à Oz, l'équation (4) est équivalente au système

$$(5)\qquad \omega^2 = \frac{\partial U}{\partial r'}, \qquad r'\left(\frac{\partial \omega^2}{\partial \theta} + 2\frac{\partial \omega}{\partial t}\right) = -\frac{\partial U}{\partial \theta};$$

dans lequel U désigne une fonction de ρ, r', θ et t.

Admettons que ω varie le long d'une parallèle à Oz, le système des équations (2) et (5) équivaudra au suivant :

$$(6)\qquad \begin{cases} \omega^2 = \dfrac{\partial U}{\partial r'}, \\ 2\rho r'\left(\dfrac{\partial}{\partial \rho}\sqrt{\dfrac{\partial U}{\partial r'}}\right)^2 \alpha\rho - \left[r'\dfrac{\partial^2 U}{\partial r'\partial\theta}\sqrt{\dfrac{\partial U}{\partial r'}}\dfrac{\partial}{\partial\rho}\dfrac{\rho}{\sqrt{\dfrac{\partial U}{\partial r'}}} + 2r'\dfrac{\partial}{\partial t}\sqrt{\dfrac{\partial U}{\partial r'}} + \dfrac{\partial U}{\partial\theta}\right]d\theta \\ \qquad + \left[r'\dfrac{\partial^2 U}{\partial r'\partial\theta}\sqrt{\dfrac{\partial U}{\partial r'}} + \dfrac{\partial}{\partial\rho}\left(\rho\sqrt{\dfrac{\rho U}{\partial r'}}\right)\cdot\left(2r'\dfrac{\partial}{\partial t}\sqrt{\dfrac{\partial U}{\partial r'}} + \dfrac{\partial U}{\partial\theta}\right)\right]dt = 0. \end{cases}$$

Exprimons, ainsi qu'il convient, que la dernière équation est complètement intégrable; nous trouverons une équation aux dérivées partielles du troisième ordre. A toute intégrale U de cette équation, les équations (6) feront correspondre une infinité de distributions des vitesses et des densités, dépendant d'une fonction arbitraire des deux variables z et r. Quelle que soit la distribution choisie, au même instant et sur la même parallèle à l'axe Oz, la vitesse sera la même là où la densité sera la même. Le potentiel capable de réaliser cette distribution dépend, à son tour, d'une fonction arbitraire de deux variables.

Plaçons-nous dans l'hypothèse où la vitesse est constante le long d'une parallèle à Oz. Le système suivant sera équivalent à (2) et (5) :

$$(7)\qquad \omega = -\frac{1}{2r'}\frac{\partial F}{\partial \theta},$$

$$(8)\qquad \frac{\partial \rho}{\partial t} - \frac{1}{2r'}\frac{\partial F}{\partial \theta}\frac{\partial \rho}{\partial \theta} = \frac{\rho}{2r'}\frac{\partial^2 F}{\partial \theta^2};$$

dans lequel $F(r', \theta, t)$ vérifie l'équation

$$(9)\qquad 2r'\frac{\partial^2 F}{\partial r'\partial t} = \frac{\partial F}{\partial \theta}\frac{\partial^2 F}{\partial r'\partial \theta}.$$

Si dans un même plan méridien, à chaque instant, la vitesse ne varie pas

en raison inverse de la distance r, on aura

$$(10) \qquad \omega = -\frac{1}{2r'}\frac{\partial F}{\partial \theta}, \qquad \log\frac{\rho}{\rho_1} = \mathcal{F}\left(\frac{\partial F}{\partial r'}, z, r'\right);$$

ρ_1 désignant une solution particulière de l'équation (8) et $\mathcal{F}$ une fonction arbitraire de trois variables.

Si, au contraire, la vitesse varie en raison inverse de r, on trouve

$$(11) \qquad \omega = \frac{1}{2r'}\chi(\theta, t), \qquad \rho = \frac{\partial \mathcal{F}(\psi, z, r')}{\partial \theta};$$

χ et $\mathcal{F}$ étant arbitraires et ψ l'intégrale générale de l'équation

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega.$$

Remarquons que (4) s'écrit encore

$$(12) \qquad 2\frac{D(\rho, \mathfrak{M}_{02}J)}{D(z, r')} = \frac{D(\rho, \omega^2)}{D(\theta, z)},$$

J désignant l'accélération de la particule en M. A chaque instant, au point M correspond un point M_1 de coordonnées rectangulaires r', ρ, ω^2 dans un espace E_1 et un point M_2 de coordonnées rectangulaires θ, ρ, $2\mathfrak{M}_{02}J$, dans un espace E_2. L'équation (12), dans laquelle nous supposons les déterminants fonctionnels différents de zéro, exprime que E_1 et E_2 se correspondent avec conservation des volumes.

Les résultats qui précèdent s'appliquent au Soleil et aux étoiles.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'application de la nomographie à l'étude des turbo-machines à hélices.* Note de M. **W. Margoulis**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Je comprends sous le nom général de turbo-machines à hélices : les ventilateurs-hélices et les pompes-hélices; les turbines-hélices hydrauliques et aériennes; les hélices propulsives ou sustentatrices, aériennes et marines; les moulins à vents et moulinets.

Les turbo-machines à hélices sont caractérisées par le mouvement axial du fluide à travers le rotor, celui-ci étant constitué par un petit nombre de pales de forme et de profil analogues à ceux des hélices d'avions.

La théorie tourbillonnaire des hélices propulsives de Joukowski peut

être appliquée à toutes ces machines, en écrivant les relations fondamentales de cette théorie sous la forme suivante :

$$\text{(1)} \qquad \operatorname{tang}(\varphi - i) = \left(\frac{1}{Z_1 \bar{r}}\right) : \left(\frac{\Omega_1}{\Omega}\right),$$

$$\text{(2)} \qquad \frac{\Gamma}{\bar{r}^2} = f\psi(i)\sqrt{\left(\frac{\Omega_1}{\Omega}\right)^2 + \left(\frac{1}{Z_1 \bar{r}}\right)^2},$$

$$\text{(3)} \qquad \frac{\Omega_1}{\Omega} = 1 - \frac{\Gamma}{4\bar{r}^2}.$$

Ces équations suffisent pour les ventilateurs et turbines ; pour les hélices et moulinets intervient une relation supplémentaire :

$$\text{(4)} \qquad \left(\frac{1}{Z_1 \bar{r}} - \frac{1}{Z \bar{r}}\right)\frac{1}{Z_1 \bar{r}} = \frac{\Gamma}{4\bar{r}^2}\left(1 - \frac{\Gamma}{4\bar{r}^2}\right),$$

où $\bar{r}$ est le rayon relatif de la section considérée ; φ, l'angle de pas ; i, l'angle d'attaque ; Ω, la vitesse angulaire de rotation du rotor ; $\Omega_1 = \Omega - \frac{v}{r}$, v étant la moitié de la vitesse induite de rotation ; $Z = \Omega \frac{R}{W}$, W étant la vitesse axiale non perturbée devant les hélices propulsives et moulinets ; $Z_1 = \Omega \frac{R}{W_1}$, W_1 étant la vitesse axiale dans le plan du rotor ; Γ, le coefficient de circulation, $\Gamma = a \frac{J}{\Pi \Omega R^2}$, a étant le nombre de pales et J la circulation autour de chaque pale ; f, la fraction de pas ; $\psi(i) = c_z$, la portance d'une aile d'envergure infinie.

Il faut distinguer deux cas fondamentaux : celui dans lequel le fluide sort du rotor avec une certaine vitesse de rotation et celui (non envisagé par Joukowski) dans lequel le fluide sort du rotor avec une vitesse axiale, due à la présence à l'amont d'un distributeur ou d'un autre rotor tournant en sens inverse. Dans les relations ci-dessus, le coefficient de la circulation Γ sera positif si, dans le plan du rotor, le fluide tourne dans le même sens que le rotor (ventilateurs avec rotation, turbines sans rotation et hélices). Le signe devant i sera + pour les turbines avec ou sans rotation et les moulinets.

Les relations ci-dessus comprennent neuf variables : les données de construction $\bar{r}$, φ, f ; les données de fonctionnement, Z ou Z_1 et Ω et les inconnues de fonctionnement, i, Ω_1, Γ. Leur solution analytique étant très laborieuse, j'ai établi un abaque qui permet de les résoudre avec une grande

rapidité. Cet abaque, de mon système d'*abaques à transparent orienté* (¹), comprend un transparent et quatre fonds différents. Le transparent porte un point O′ et un réseau de droites (i, c_z), sur lequel on trace les courbes expérimentales des portances pour les sections considérées. Quand i change de signe on retourne le transparent.

Le fond I_a s'applique aux ventilateurs avec rotation et aux turbines sans rotation à la sortie du rotor ; le fond II_a aux ventilateurs sans rotation et aux turbines avec rotation ; le fond I_b — aux hélices propulsives et sustentatrices ; le fond II_b — aux moulinets. Chaque fond porte un réseau (φ — angle de pale, f — fraction de pas) sur lequel sont tracés : le faisceau $\left(z_1 = \frac{\Omega r}{W_1}\right)$ pour les fonds I_a et II_a, ou le faisceau $\left(z = \frac{\Omega r}{W}\right)$ pour les fonds I_b et II_b ; les faisceaux (ΓZ_1^2) et $\left(\frac{\Gamma}{\bar{r}^2}\right)$ qui sont les mêmes pour les fonds I_a et I_b d'une part et les fonds II_a et II_b d'autre part, et enfin les faisceaux du rendement élémentaire (η) pour une finesse de 0,05.

D'après la théorie morphologique de M. d'Ocagne, la structure géométrique et le mode d'emploi de l'abaque s'énoncent comme suit :

$$O' \equiv P(\varphi, f), \quad x'_\infty - Ox, \quad P'(i) - L\left(z \text{ ou } z_1, \text{ ou } \Gamma Z_1^2, \text{ ou } \frac{\Gamma}{\bar{r}^2}, \quad \text{ou } \eta\right)$$

Exemple : *Déterminer l'angle d'attaque au rayon $\bar{r}$, d'une hélice donnée* (on connaît donc φ et f), *fonctionnant au régime* Z (on connaît donc $z = Z\bar{r}$).

On trace sur le transparent la courbe des portances ; on fait coïncider le point O′ du verso du transparent avec le point (φ, f) du fond $I_{a'}$, on oriente le transparent de façon à rendre parallèles les droites (c_z) du transparent aux droites (f) du fond. Au point d'intersection de la courbe des portances du transparent avec la courbe (z) du fond on lit : sur le transparent les valeurs cherchées de i et de c_z, et sur le fond la valeur de $\frac{\Gamma}{\bar{r}^2}$ (d'où l'on tire la valeur cherchée de Γ) et la valeur du rendement élémentaire. On en déduit par les formules bien connues les valeurs de la poussée et de la puissance.

(¹) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1684, et **176**, 1923, p. 824.

AÉRODYNAMIQUE. — *Construction géométrique de profils d'ailes par représentation conforme d'un cercle.* Note de M. **Maurice Girault**, présentée par M. Rateau.

Cette Note développe et complète la construction donnée dans une précédente Communication [1].

Le procédé consiste à construire graphiquement la fonction

$$Z = \frac{1}{4}\,\frac{(z+1)^2}{z}\,f(z),$$

où z représente un point du plan d'un cercle, dont le rayon est pris pour unité et le centre pour origine, et Z un point du plan du profil transformé du cercle. Nous supposons que la fonction $f(z)$ est développable en série suivant les puissances négatives de z et de la forme

$$f(z) = 1 + \frac{a_1}{z} + \frac{a_2}{z^2} + \ldots + \frac{a_n}{z^n} + \ldots.$$

Les constantes $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$ seront appelées les paramètres du profil. Dans le cas d'une suite limitée au premier paramètre a_1, le profil est un profil Witoszinski [2] qui peut être considéré comme une approximation dans certains cas d'autres profils, comme les profils Joukowski [3], ainsi que cela a déjà été constaté.

La quantité $\frac{1}{4}\frac{(z+1)^2}{z}$ est réelle quand z décrit le cercle; elle est égale à $\frac{1+\cos\theta}{2}$ dont on dresse un tableau, θ étant l'argument du point z.

Les quantités $\frac{a_1}{z}, \frac{a_2}{z^2}, \frac{a_3}{z^3}, \cdots$ décrivent des cercles une fois, deux fois, trois fois, etc., quand le point z décrit le cercle générateur du profil, et cela à partir des points $a_1, a_2, a_3, \ldots$. On peut facilement tracer la courbe $1 + \frac{a_1}{z} + \frac{a_2}{z^2} + \frac{a_3}{z^3} + \ldots$ que nous appellerons courbe de base.

Cette courbe est graduée en θ. La courbe de base étant tracée, la cons-

---

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1331.

(2) C. Witoszinski, *La Mécanique des profils d'aviation* (*Revue générale de l'Aéronautique*, 4, 1924, p. 40).

(3) *Aérodynamique*, par N. Joukowski, traduit par S. Drzewiecki (Gauthier-Villars, 1926).

truction est immédiate. M étant un point correspondant à θ et O l'origine, il suffit de porter sur OM la quantité

$$Om = OM \frac{1 + \cos\theta}{2},$$

m est un point de profil.

Pour des modules de $|z| > 1$, on peut construire une courbe de base correspondante. Le point $\frac{1}{4}\left(\frac{z+1}{z}\right)^2$ décrit une ellipse. En multipliant les quantités correspondantes des deux courbes, on obtient la courbe transformée du cercle considéré.

Dans le cas d'un paramètre, la courbe de base est un cercle. Un paramètre complexe équivalant à deux paramètres, on dispose de la distance du centre du cercle à l'origine et du point origine sur le cercle.

Dans le cas de deux paramètres, les courbes de base sont des limaçons de Pascal. On dispose de quatre paramètres réels. Le premier est la distance du centre des limaçons à l'origine, le second une rotation des limaçons autour de leur centre, le troisième le limaçon choisi dans la famille tracée, le quatrième le point origine choisi sur la courbe.

Les courbes de base à trois paramètres s'obtiendront à partir des courbes précédentes et en considérant l'extrémité d'un rayon vecteur constant dont l'autre extrémité se déplace sur le limaçon et qui tourne d'angles 3θ.

Les courbes de base à deux et trois paramètres se prêtent bien à la construction de profils plans convexes.

Les courbes de base à quatre paramètres s'obtiendront en associant deux limaçons.

La dérivée de la fonction de transformation

$$\frac{dZ}{dz} = \frac{1}{4}\left[1 - \frac{1 + 2a_1 + a_2}{z^2} - \frac{2(a_1 + 2a_2 + a_3)}{z^3} - \ldots - \frac{n(a_{n-1} + 2a_n + a_{n+1})}{z^{n+1}} - \ldots\right]$$

donne lieu à la construction d'une courbe de base construite sur le même principe que précédemment. Le module d'un point de cette courbe donnera l'échelle de la transformation nécessaire au calcul des vitesses, et l'argument donnera l'angle dont a tourné la tangente du cercle, ce qui permet de tracer la tangente au profil.

Pour des modules de z supérieurs à I, on pourra, sur le même principe, construire d'autres courbes de base qui donneront par leurs modules la grandeur de la vitesse, et par leurs arguments sa direction, en un point quelconque, à partir de la connaissance de la vitesse dans l'écoulement autour du cercle générateur.

Enfin la quantité C_{m_0}, qui correspond au moment à la portance nulle, peut se calculer à l'aide de la partie réelle du coefficient du terme en $\frac{1}{z}$ du développement de Z, c'est-à-dire du terme $(1 + 2a_1 + a_2)$.

On pourra donc construire des profils ayant un C_{m_0} donné.

Pour tous les profils ne présentant pas de points doubles et parcourus relativement au cercle générateur dans un sens tel que le domaine extérieur au cercle corresponde au domaine extérieur au profil, les zéros et pôles de la dérivée sont intérieurs au cercle et la méthode générale est applicable.

ACOUSTIQUE. — *Accroissement de l'intensité et de la durée d'extinction du son.* Note de M. **Th. Vautier.**

Dans une précédente Communication [1] nous avons indiqué l'effet produit sur le son d'un instrument à archet (violoncelle) lorsqu'il est émis dans une cuve cylindrique en ciment armé de 50^{m^3} : son intensité physiologique et sa durée d'extinction sont considérablement accrues. Ces résultats nous ont paru assez intéressants pour que nous cherchions à faire de nouvelles expériences dans des récipients de beaucoup plus grsnde capacité et avec des instruments variés; des occasions favorables se sont présentées à Clermont-Ferrand (octobre 1925) et à Bourg (été 1927), dans les usines à gaz où la construction de nouveaux gazomètres venait d'être terminée [2]. La capacité de la cloche utilisée était de 5000^{m^3} à Clermont et de 2500 à Bourg; ces cloches étaient fermées dans le bas par une couche d'eau, les instrumentistes et observateurs se plaçaient sur un plancher reposant sur la charpente métallique supportant la cloche; ils y avaient accès par une trappe placée à la partie supérieure. Les sources sonores employées ont été violon, violoncelle, grande et petite flûte, contrebasse en cuivre (*si* ♭), cornet à pistons en *ut*; pistolet chargé à 0,5, 1 et 2^g de poudre noire extra-fine, et enfin amorces de pistolet non chargé. Les pointages ont été faits simultanément à l'oreille par deux observateurs, on en a pris la moyenne : ils sont certainement exacts à moins de 0,5 s; mais l'état de l'air peut

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 953.

(2) MM. les directeurs E. Creuzet et Gaunard ont apporté leur concours à la préparation des expériences; MM. les ingénieurs R. de la Boulaye, Dives et Veyrières ont participé aux pointages.

occasionner des différences assez fortes, dues aux variations d'état hygrométrique, à la formation de brouillards plus ou moins épais provenant des variations considérables de température à l'intérieur de la cloche, lesquelles ont parfois atteint 20° entre le jour et la nuit. L'effet du brouillard sur l'amortissement et la réfraction du son a été depuis longtemps indiqué par les phares acoustiques des côtes des pays brumeux. Nous avons surtout travaillé dans la soirée. Malgré ces difficultés nos pointages sont largement assez précis pour permettre de tirer avec certitude de nos résultats les conclusions que nous allons indiquer. La durée, mesurée pour une note prise comme témoin et répétée plusieurs fois au cours d'une même séance, caractérisait l'état de l'air et nous donnait une correction approximative de ces variations.

Sons musicaux. — Le tableau ci-dessous donne en secondes les durées des sons musicaux *résiduels*, c'est-à-dire comptées à partir de la fin de l'émission; elles se rapportent aux essais faits à Bourg en émission « forte » dans une atmosphère saturée sans brouillard.

	Ut_1.	$Ré_2$.	Sol_2.	$Ré_3$.	Sol_3.	Mi_4.	Sol_4.	Si_4.	$Ré_5$.	Sol_5.	Ut_6.	Sol_6.
Violoncelle.....	24,1	26,0	»	24,1	24,3	20,1	»	»	»	»	»	»
Violon.........	»	»	20,4	21,4	»	15,9	14,9	13,3	11,7	8,9	»	»
Piston.........	»	»	»	21,0	22,5	20,0	18,0	16,4	»	»	»	»
Flûte..........	»	»	»	18,2	18,9	16,2	17,0	16,4	14,9	12,3	10,5	8,5

On voit sur chaque ligne que la durée d'extinction décroît notablement à mesure que la fréquence augmente, dès que la note émise par l'un des instruments atteint l'octave 4; la durée maximum se maintient pour les octaves inférieures, seule la note la plus grave offre une légère diminution. Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu dans une cuve en ciment armé de 50$^{m^3}$? où le violoncelle seul a pu être employé et dont l'air était loin de la saturation.

Notes du violoncelle (archet, forte).	Ut_1.	Sol_1.	$Ré_2$.	La_2.	La_3.	Mi_4.
Bourg, gazomètre de 2500$^{m^3}$......	24,1	25,2	26,0	25,7	25,3	20,1
Cuve ciment armé de 50$^{m^3}$........	20,0	17,5	14,5	14,0	13,0	»

Dans la cuve, la durée d'extinction va en décroissant dès la note la plus grave. Les sons émis piano donnent des durées décroissant aussi dès l'octave 4 et inférieures de 20 pour 100 pour les instruments à archet et de 10 pour 100 pour les instruments à vent. Les durées relatives au pizzicato ne sont inférieures que de 8 pour 100. Une émission prolongée de 2 à 8 secondes n'augmente la durée que de 6 pour 100 au plus.

A Clermont et à Bourg, les mêmes notes émises par des instruments divers dans les mêmes conditions atmosphériques donnent des durées t et t' très voisines. Les surfaces, tôle et eau, sont en même proportion, le rapport des surfaces est de 2 environ comme celui des volumes. Cela est conforme à la loi établie par Sabine pour la durée du son résiduel t d'une même note émise dans une grande salle avec un tuyau d'orgue $t = \frac{0,117\,V}{a}$ (V volume, a pouvoir absorbant).

Pistolet chargé de poudre noire extra-fine. — Les résultats diffèrent suivant la température de l'air de la cloche et surtout suivant son degré de saturation, qui atteint parfois l'état de brouillard.

Charge de poudre.	0g,5.	1g.	2g.
	sec	sec	sec
Bourg 18 à 23°, atmosphère sursaturée........	27,6	29,4	»
» 34 à 35°, atmosphère saturée claire.....	35,0	39,0	39,0
» 38 à 40° » » »	38,5	40,8	43,0
Clermont 5°, atmosphère sursaturée..........	23,1	27,0	29,5
» 4°, atmosphère saturée claire.......	29,5	38,0	39,0

Quand la charge varie de 1 à 4, la durée augmente seulement de 12 à 13 pour 100 à Bourg et de 25 à 36 pour 100 à Clermont; cet accroissement se produit surtout quand la charge passe de 0,5 à 1g. Sabine a trouvé que si un son musical quadruple de puissance, sa durée d'extinction augmente de 10 pour 100.

Amorces de pistolet non chargé. — Ces amorces ont des charges de fulminate sensiblement égales : elles nous ont donné les durées suivantes dans une atmosphère saturée mais claire : à Bourg, 24,6 secondes entre 18 et 25°, et 28,6 secondes vers 38°; à Clermont, 21,0 entre 6 et 8° et 28,6 secondes entre 16 et 25°. On reconnaît dans ces nombres une durée bien voisine de celle des sons musicaux.

PHYSIQUE. — *Dispersion des métaux dans les sels solides sous l'action du courant électrique.* Note (1) de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Un tube de fer rempli de sel contient à son axe une baguette du métal en expérience. Un bout de la baguette sort du tube (le tube avait 15mm de diamètre intérieur, la baguette était de 4 à 5mm de diamètre). Le tube était mis

(1) Séance du 19 décembre 1927.

dans un four électrique où la température était maintenue au-dessous du point de fusion du sel.

Lorsque la température voulue est atteinte on réunit le tube et la baguette aux pôles du secteur électrique de 220 volts. Dans le circuit est mise une lampe de 500 ohms de résistance environ.

On mesure l'intensité i du courant qui passe par le sel et la différence de potentiel e entre le tube de fer et la baguette métallique.

Comme exemple citons les résultats de l'une de ces expériences :

Tube rempli de KCl.
(Point de fusion 760° C. ; à l'axe est mise la baguette de cuivre.)

τ (temps en heures et minutes).	Le tube réuni au pôle positif. i.	e.	négatif. i.	e.	Température (en °C.).
0	0,020	220	0,020	220	600
1	0,026	220	0,020	220	600
1,15	0,044	200	0,045	200	600
1,25	0,090	170	0,45	15	600
1,35	0,45	12	0,45	12	600
6	0,45	2-4	0,45	2-4	600
6,05	0,45	4-6	0,45	4-7	520
10	0,45	6-10	0,45	5-10	100
24	0,45	10-12	0,45	10-15	20

Sur ce tableau on voit que la conductibilité du sel, d'abord très faible, augmente, après une heure du passage du courant, plus de 1000 fois. Cette augmentation est plus rapide lorsque le cuivre est réuni au pôle positif.

Coupant les tubes perpendiculairement à l'axe, on observe les faits suivants :

1° Le pôle positif étant réuni à la baguette de cuivre, celui-ci se dissout dans le sel provoquant autour de la baguette le noircissement du sel (*fig.* 1).

2° Le pôle positif étant réuni au tube de fer, le courant transporte dans le sel le fer. Le sel est bruni autour du tube (*fig.* 2). On observe aussi dans les parties du tube, où la température était plus basse que dans le milieu du tube, des anneaux colorés en rouge (*fig.* 3). Ces anneaux contenaient de très petites quantités de cuivre décelé par l'analyse microscopique faite à l'hématoxyline.

La même expérience a été faite avec d'autres sels : $SrCl^2$ et $BaCl^2$. Elles donnent les mêmes résultats à partir de température de chauffage de 300° C.

L'expérience faite avec Al^2O^3 même à la température de 950° C. ne donne aucune solution des métaux dans l'oxyde dont la conductibilité reste toujours négligeable.

L'expérience où, à la place de la baguette de cuivre, était mise la baguette d'aluminium à la température de chauffage de 600° C. et où la baguette était réunie au pôle positif, n'a pas donné de solution de Al ou de Fe dans le sel même après 20 heures de passage de courant. Le pôle positif étant réuni au tube de fer, l'augmentation de conductibilité s'est produite, après une heure de chauffage, comme dans l'expérience citée.


Fig. 1.

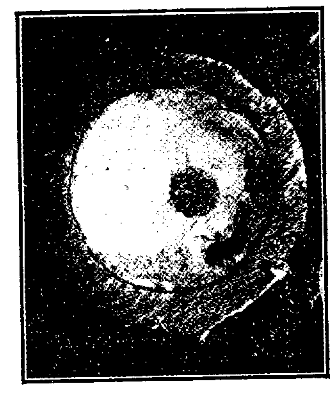

Fig. 2.


Fig. 3.

L'expérience fut faite aussi avec deux baguettes de cuivre mises parallèlement dans un tube de porcelaine, distantes de quelques millimètres et entourées de $BaCl^2$ chauffé de 300 à 600° C. Le courant électrique entre les baguettes produisait une augmentation rapide de conductibilité du sel. $BaCl^2$ autour des baguettes a fortement rougi. Ce sel, dissous dans l'eau, laisse un dépôt rouge en très petite quantité. Ce dépôt, soluble dans les acides, ne pouvait être que le cuivre en partie oxydé.

Les faits observés peuvent s'expliquer par l'émission d'ions du métal en expériences. Les ions pénètrent dans le sel et y forment une couche du métal, qui émet des ions à son tour jusqu'à ce que le contact métallique entre la cathode et l'anode s'établisse.

Ceci expliquerait aussi la formation des anneaux métalliques dans le sel (*fig.* 3).

Il est possible aussi qu'il se fasse une électrolyse des vapeurs des sels. Les cations attaquent chimiquement le métal de la cathode formant des pro-

duits chimiques instables, qui, en se décomposant, laissent le métal dans le sel, ce qui le rend conducteur.

L'expérience suivante semble confirmer la dernière explication : dans le tube de Pyrex rempli de $BaCl^2$, on met deux électrodes de cuivre distantes de 12^{cm}. On chauffe le tube à 530° C. pendant 9 heures. Les électrodes sont réunies aux sources de l'électricité de 220 volts.

Le courant est de l'intensité de 3.10^{-4} ampère. Sur le verre entourant la cathode, il se formait un dépôt rouge qui entre dans le verre. Le sel autour de la cathode a rougi, de même que dans les expériences précédentes.

ONDES HERTZIENNES. — *Sifflement continu produit par un quartz piézo-électrique émettant simultanément deux oscillations de haute fréquence.* Note (¹) de MM. **F. Bedeau** et **J. de Mare**, transmise par M. G. Ferrié.

Le montage de Hund pour exciter un quartz piézo-électrique consiste à intercaler un condensateur, entre les armatures duquel est placé le cristal, dans le circuit de grille d'une triode ; le circuit de plaque comprend un circuit oscillant de self L et de capacité C. En donnant à L une valeur convenable, le quartz vibre en général sur une et une seule des trois fréquences fondamentales f_1, f_2 ou f_3 ; f_1 désigne la fréquence de la vibration suivant l'axe perpendiculaire aux axes optique et électrique, f_2 la fréquence suivant l'axe optique et f_3 la fréquence suivant l'axe électrique. Avec les dimensions couramment utilisées on a $f_1 < f_2 < f_3$. Si l'on excite le quartz sur f_3, l'expérience montre que l'on peut faire varier C dans des limites assez grandes, sans amener le décrochage des oscillations. C'est ainsi que pour un certain cristal nous pouvions donner à C les valeurs comprises entre 30 U.E.S. et 80 U.E.S. ; nous désignerons par C_1 et C_2 ($C_1 < C_2$) ces deux limites. On constate qu'en général pour $C_1 < C < C_2$, le quartz émet la seule fréquence f_3, que la courbe obtenue en portant C en abscisses et le courant filament plaque I en ordonnées est parfaitement régulière et enfin que I décroît avec C ; c'est le phénomène normal ; le dispositif permet d'étalonner un ondemètre.

Si le cristal n'est pas placé d'une façon rigoureusement symétrique par rapport aux armatures du condensateur on peut, avec un grand nombre d'échantillons de quartz, obtenir deux valeurs critiques C'_1 et C'_2 de C

(¹) Séance du 19 décembre 1927.

avec $C_1 < C'_1 < C'_2 < C_2$. Lorsque C est compris entre C'_1 et C'_2, on observe les phénomènes suivants :

1° Le quartz émet un sifflement continu;

2° La courbe représentant I en fonction de C présente un palier plus ou moins accentué entre C'_1 et C'_2;

3° Les oscillations de haute fréquence étant reçues au moyen d'une détectrice à réaction dont on fait varier la fréquence au voisinage de f_3, on constate au téléphone, non pas les sifflements bien connus d'hétérodyne, c'est-à-dire deux gammes chromatiques allant de l'aigu au grave, puis du grave à l'aigu, mais bien toute une série de ces gammes chromatiques; le phénomène est absolument identique à celui observé lorsqu'on reçoit une émission entretenue avec un poste à superréaction [1]. Le dispositif est alors inutilisable pour étalonner un ondemètre.

Pour expliquer le phénomène, on est amené à se demander si le quartz n'est pas susceptible d'émettre directement une fréquence basse. L'hypothèse est peu vraisemblable, car les dimensions du cristal sont relativement faibles. Nous avons cependant intercalé le quartz dans un circuit oscillant et construit la courbe de résonance: celle-ci ne présentait pas la crevasse qui aurait caractérisé une quatrième fréquence fondamentale.

Le phénomène ne peut être attribué, d'autre part, à une suite de charges et décharges répétées du condensateur de grille, car la fréquence du sifflement serait modifiée par les variations de la résistance de fuite du condensateur intercalé dans le circuit grille : il n'en est pas ainsi.

Ces deux hypothèses étant écartées, on peut affirmer que pour les valeurs de C comprises entre C'_1 et C'_2 le quartz émet simultanément deux vibrations de haute fréquence. L'une est la fréquence f_3 et l'autre, la fréquence de l'un des harmoniques impairs de la fréquence f_1, harmoniques qui peuvent se produire ainsi que l'ont signalé successivement Cady d'une part, et Giebe et Scheibe d'autre part, lorsque le quartz n'est pas placé symétriquement entre les armatures du condensateur. On s'explique alors aisément le grand nombre de gammes chromatiques entendues au téléphone du poste récepteur autodyne; la théorie du phénomène est identique à celle indiquée par Mesny au sujet de la réception par superréaction. On obtient, d'ailleurs, le même phénomène en faisant fonctionner simultanément deux hétérodynes émettant f_3 et $7f_1$, les deux émissions étant reçues avec un poste autodyne.

---

[1] MESNY, *Les ondes électriques courtes, fonctionnement divers de la superréaction, fonctionnement* B, 1927, p. 104.

Le montage que nous venons d'indiquer permet d'émettre, avec un seul quartz à taille normale, une onde entretenue modulée; il diffère donc essentiellement des trois montages indiqués précédemment par Hund : celui-ci utilisait, en effet, soit deux oscillateurs à quartz, soit un oscillateur comprenant deux quartz, soit enfin un oscillateur comprenant un seul quartz ayant une épaisseur constante sur la moitié de la longueur, l'épaisseur étant encore constante, mais plus faible pour l'autre moitié.

Signalons, pour terminer, qu'avec certains échantillons le sifflement correspond à un ultrason, le phénomène n'est plus caractérisé que par les propriétés 2 et 3.

OPTIQUE. — *Sur la dissymétrie optique de l'espace et les lois de la réflexion.* Note (¹) de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Deslandres.

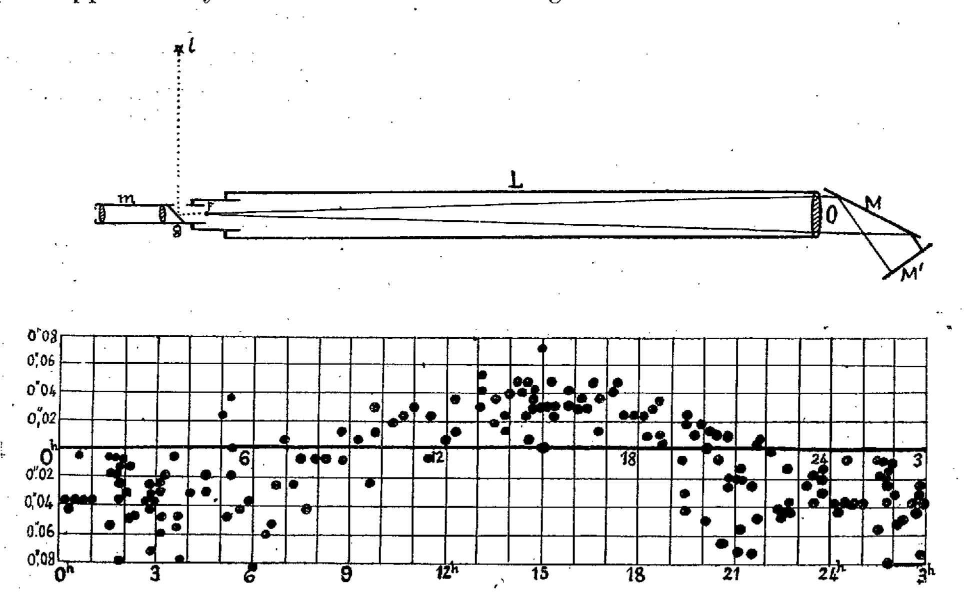
Les observations suivantes que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie paraissent révéler une dissymétrie optique de l'espace céleste, telle qu'elle apparaît par les observations terrestres.

Soit L une lunette astronomique pouvant tourner autour d'un axe vertical (altazimut de l'Observatoire de Strasbourg; $F = 1^m,50$). En avant de l'objectif O est monté un premier miroir M dont la normale fait un angle d'environ 55° avec l'axe optique FO. Les rayons issus du fil horizontal F du réticule se réfléchissent après leur sortie de l'objectif, sur le miroir M; puis normalement sur un second miroir M′ et, par le même chemin suivi en sens inverse, reviennent en F. Une lampe placée en l éclaire le fil F que l'on peut voir en même temps que son image réfléchie à travers le microscope oculaire m. Les miroirs M, M′ et la lampe l sont *solidaires* de la lunette. Le fil F est mobile et ses déplacements verticaux mesurés par une vis micrométrique. Il est procédé de la manière suivante aux observations, d'ailleurs très délicates. La lunette étant placée horizontalement dans la direction *nord-ouest*, on amène en coïncidence le fil F et son image, ce qui, dans cette position, définit la direction *par rapport à la lunette*, du rayon qui revient sur lui-même. Dix pointés de coïncidence sont faits dans cette position; on fait alors tourner doucement la lunette, sans la toucher directement, autour de l'axe vertical de l'instrument pour l'amener dans la direction *nord-est;* ainsi de suite un grand nombre de fois. Une séance

(¹) Séance du 19 décembre 1927.

d'observation comprend 25 à 29 séries alternatives et ininterrompues d'observations dans les positions nord-ouest et nord-est.

Or on constate une différence systématique entre ces deux systèmes de lectures, *différence qui dépend uniquement de l'heure sidérale moyenne de la séance d'observation*, c'est-à-dire de l'orientation de la sphère céleste étoilée par rapport au système instrumental. La figure ci-dessous montre le résul-



tat fourni par 150 séances d'observations comprenant 40000 pointés. En abscisses sont portées les heures sidérales, en ordonnées les différences P—P (des lectures nord-ouest et nord-est); chaque point représente la moyenne fournie par une séance. Les observations que j'ai commencées sous cette forme en février 1927 et poursuivies régulièrement depuis correspondent aux heures solaires les plus diverses, tant de jour que de nuit, à la saison d'été aussi bien que d'hiver. Ordonnées suivant le temps solaire moyen, les observations se dispersent sans ordre apparent, sans définir aucune courbe en dehors de l'axe Ox qui représente leur moyenne; ce caractère indique que le mouvement de la Terre sur son orbite autour du Soleil, au degré de précision obtenu, est étranger au phénomène. La technique expérimentale est exactement différentielle; les observations sont faites à la lumière artificielle (coupole fermée) et seulement par temps couvert lorsque la température est très constante. Les erreurs systématiques pouvant provenir de l'éclairage, de la flexion, etc., sont ainsi parfaitement éliminées.

En résumé, le rayon qui se réfléchit sur lui-même occupe, *par rapport au système matériel* constitué par la lunette et les miroirs, une position *variable, sous la seule dépendance, au degré de précision des expériences, de l'orientation de la lunette par rapport à la sphère céleste étoilée*. Les différences $P - P'$ observées varient entre $-0'',036$ et $+0'',036$ pour 3^h et 15^h; elles s'annulent aux environs de 9^h et de 21^h; heures correspondant aux passages au méridien de l'axe de symétrie optique (si tant est qu'il y ait un axe de symétrie dans cette dissymétrie de l'espace).

Quelle est l'origine de cette dissymétrie? Provient-elle du mouvement absolu de notre système stellaire? Des explications trop catégoriques seraient prématurées; la question pour l'instant appartient au domaine purement expérimental.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'hérédité des fontes.*

Note [1] de M. **Auguste Le Thomas**, présentée par M. Léon Guillet.

Il a été constaté depuis longtemps que les fontes ne tiennent pas leur qualité de leur seule composition; certains produits manifestent des résistances plus ou moins élevées, parfois très différentes, malgré l'identité des résultats de l'analyse chimique, et ces divergences semblent être en relation avec les origines respectives. On cite notamment des fontes élaborées dans des hauts fourneaux à vent froid, et dont l'introduction dans les charges de produits à refondre communique aux moulages des résistances fort élevées. Lorsque ces produits de deuxième fusion sont eux-mêmes refondus, par exemple sous forme de bocages, la haute qualité se perpétue. Ces faits sont utilisés chaque jour dans la pratique de la fonderie, et des matières premières spéciales quant à l'origine, mais dont la pureté ne diffère pas de celle des fontes hématites, sont généralement mises en œuvre pour les fabrications soignées comme celles des cylindres de laminoirs, des pièces de machines à vapeur, ou de moteurs très poussés. Inversement, on sait qu'il est difficile d'obtenir l'étanchéité des pièces fabriquées à partir de lingots de fonte présentant de grosses ségrégations du graphite.

L'explication scientifique de cette « hérédité structurale », de cette « noblesse de caractère » [2] n'est pas encore exactement connue. Les uns

---

(1) Séance du 19 décembre 1927.

(2) *La vie du métal*, discours prononcé à la Séance publique annuelle des cinq Académies, par M Léon Guillet, délégué de l'Académie des Sciences.

y ont vu une action de « ferments métalliques », dont la nature n'a, en aucune façon, été précisée. D'autres pensent que le carbone amorphe (graphite) et le carbure de fer (Fe^3C), dont la coexistence à l'état solide est un des principaux caractères structuraux des fontes, conservent leur identité dans le bain de fusion, avec un équilibre de proportions dépendant de la température, par exemple comme les sucres dans leurs solutions complexes.

Je crois plus simple de penser que l'hérédité est due à ce que les lamelles de graphite existant dans l'alliage restent en surfusion pendant le très court instant où il est porté à l'état liquide lors des fusions ultérieures, en raison même de la rapidité du passage à haute température. Les qualités de résistance de la fonte sont en rapport étroit avec sa structure, l'élément le plus important étant l'état de division et de répartition des lamelles de graphite; celles-ci étant supposées rester sans changement appréciable d'une fusion à l'autre, on conçoit facilement comment les qualités du produit initial pourraient se perpétuer, malgré les vicissitudes des fusions nouvelles. Les preuves expérimentales en restent toutefois à présenter, et leur recherche était l'objet des expériences que j'ai entreprises.

Je suis parti d'une fonte grise à structure « perlitique », à haute résistance et de composition :

C total	3,25	C combiné	0,73
Si	1,42	Mn	0,52
S	0,06	P	0,27

Je l'ai fondue au creuset, puis coulée partie en un gros bloc dans du sable étuvé chaud, partie en coquille froide de petites dimensions, donc suivant deux allures de refroidissement extrêmement différentes.

Les deux produits obtenus, l'un très graphiteux, l'autre trempé, ont ensuite été refondus dans des creusets séparés, mais dans un même four, et simultanément, puis coulés en barrettes d'un diamètre uniforme de 20^{mm}, en sable étuvé froid. Les deux groupes de barrettes ont été soumis à des séries identiques d'épreuves mécaniques, d'examens micrographiques, et enfin d'analyses chimiques et dilatométriques.

Les essais mécaniques conduisent à des différences insignifiantes : pour la fonte moulée en sable chaud, et celle issue de coquille, les caractéristiques moyennes sont respectivement : 238 et 240 pour la dureté Brinell; 30,8 et 32^{kg},5 pour la résistance au cisaillement; 635 et 650^{kg} pour la flexion statique.

La micrographie ne laisse pas non plus apparaître de différence. Dans les deux cas, les lamelles de graphite sont courtes, déliées et bien réparties; la perlite est fine; l'eutectique triple phosphoreux est rare et se présente en petites plages de dimensions équivalentes; et pourtant les fontes initiales présentaient : celle coulée en sable de gros filaments de graphite; celle coulée en coquille, une structure nettement trempée.

Les analyses chimiques ont été identiques, même au point de vue du carbone combiné.

Les résultats de l'analyse dilatométrique ne présentent de divergences qu'au chauffage, entre 700° et 800°. La forme tourmentée des courbes dilatométriques, dans cette zone de température, résulte d'une superposition de l'expansion due à la graphitisation, et de la contraction qui accompagne la disparition de la perlite : les deux phénomènes antagonistes sont légèrement plus rapprochés dans le cas de la fonte coulée d'abord en moule étuvé; mais la différence est légère, malgré que la méthode dilatométrique, extraordinairement sensible, l'ait mise en particulière évidence.

En définitive, on peut dire qu'il y a identité pratique des deux produits.

Ces expériences précisent, en une certaine mesure, le sens qu'il convient de donner à l'expression « hérédité des fontes ». Une structure anormale, obtenue grâce à un artifice de coulée, comme l'emploi d'une coquille, ou celui d'un moule chaud, ne se maintient pas lorsqu'on soumet la fonte à une fusion nouvelle, les caractères structuraux redevenant semblables après le passage à l'état liquide et le même mode de refroidissement. Le produit final procède ici, non point de l'état précédent, mais de celui qui était avant lui, et qui avait été obtenu dans des conditions normales.

Par ailleurs, j'ai recherché le graphite dans un barreau coulé en coquille et non refondu : cet élément a pu être retrouvé, mais difficilement, car il n'est visible qu'au centre du barreau, et sous formes de lamelles très courtes et rares. Ce graphite semble être d'origine eutectique et ne doit point résulter d'une surfusion.

On ne peut donc point dire que le caractère d'hérédité, même au sens précédemment défini, c'est-à-dire en faisant abstraction des états anormaux, résulte nécessairement de la permanence de la forme des lamelles de graphite. Cette étude, pour n'être point totalement vaine, puisqu'elle a mis en évidence quelques phénomènes secondaires, n'a donc point atteint l'objectif que je lui proposais : je compte la reprendre sur d'autres bases, afin de définir complètement, et si possible d'expliquer ce qu'il faut entendre par cette hérédité des fontes.

Observations à propos de la Note de M. Le Thomas,
par M. **Léon Guillet.**

L'hérédité que l'on a cru observer dans certains produits métallurgiques mérite d'attirer toute l'attention et de provoquer d'importantes recherches. On a signalé à diverses reprises des produits métallurgiques ayant même composition chimique, étant obtenus par des méthodes identiques, ayant subi les mêmes traitements, possédant cependant des propriétés différentes, notamment des résiliences et des résistances aux chocs répétés variables d'un alliage à l'autre.

Le fait a été noté spécialement pour les aciers spéciaux, pour les fontes et même pour les métaux et alliages légers.

Il est bon d'ajouter que des précisions doivent être apportées, avant tout et qu'on admet peut-être trop facilement l'identité dans la composition comme dans les méthodes de fabrication et que notamment l'analyse chimique, telle qu'on la donne ordinairement, est fort incomplète; elle néglige notamment les gaz occlus dont l'importance est parfois très notable.

L'étude fort intéressante entreprise par M. Le Thomas apporte déjà un premier résultat qui, bien qu'incomplet, attirera l'attention sur cette curieuse question; elle montre que, dans les conditions de ses expériences, l'hérédité des fontes ne paraît pas provenir nécessairement de la permanence des lamelles de graphite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation d'alcools en essence de pétrole.* Note [1] de MM. **A. Mailhe** et **Renaudie**, présentée par M. C. Matignon.

On connaît le rôle multiple joué par les oxydes métalliques vis-à-vis des alcools, des aldéhydes, des cétones, des acides. On produit des catalyses de déshydrogénation, de déshydratation, de séparation d'oxyde de carbone, l'anhydride carbonique, ou plusieurs de ces réactions à la fois.

Vis-à-vis des alcools primaires, en particulier, on peut effectuer des cata-

---

[1] Séance du 19 décembre 1927.

lyses de déshydrogénation et de déshydratation, celle-ci pouvant avoir lieu, d'ailleurs, sous deux modes différents.

L'oxyde uraneux joue, vis-à-vis des alcools primaires, un rôle identique aux oxydes en général. Mais, par suite de réactions secondaires produites dans le cours de sa transformation, on arrive à la formation tout à fait inattendue de carbures d'hydrogène légers de la nature des essences de pétrole.

Lorsqu'on dirige les vapeurs d'alcool butylique normal sur de l'oxyde uraneux, chauffé entre 420 et 440°, on obtient un dégagement de gaz peu abondant. 100cm³ d'alcool ont fourni, dans une heure, 3l,5 à 4 litres de gaz. En même temps, on condense un liquide de couleur jaune clair.

Les gaz ont la composition suivante, selon l'activité du catalyseur :

	Oxyde neuf (pour 100).	Oxyde usagé (pour 100).
CO^2	11	4,9
CO	5,8	9,5
C^nH^{2n}	16,8	28,5
C^nH^{2n+2}	30,6	35,3
H	35,8	21,3

Ces gaz entraînent des produits volatils que l'on peut récupérer par la neige carbonique ou par du charbon activé.

Le catalyseur se recouvre, au bout d'un certain temps, d'un dépôt de charbon qui diminue son activité. On le régénère par calcination.

1° Les gaz renferment un pourcentage important de carbures éthyléniques. En les faisant barboter dans du brome, nous avons pu identifier l'éthylène, le propylène, le butylène, accompagnés d'une petite quantité de carbures supérieurs ;

2° Le liquide catalysé, de couleur jaune clair, a une forte odeur d'aldéhyde butylique. Si on le distille, en fractionnant les produits les plus volatils, à l'aide d'une colonne Vigreux, on constate que les premières gouttes du liquide condensé passent vers 35°, en même temps qu'il se dégage une quantité importante de produits légers, difficiles à condenser.

On poursuit la distillation jusqu'à 92-95° pour obtenir une première fraction. Le thermomètre monte ensuite rapidement jusqu'à 116°. Il passe, à ce moment, une quantité d'alcool butylique non transformé. On arrête la distillation à 125°. Il reste dans le ballon un résidu dont le point d'ébullition va jusqu'à 280°.

La seconde fraction de tête renferme de l'aldéhyde butylique et de l'alcool entraîné. On la lave à plusieurs reprises avec de l'eau. On enlève

ensuite l'aldéhyde par un double traitement au bisulfite de soude et à l'ammoniaque, et les dernières traces d'alcool et d'eau sont supprimées par action du sodium.

Le liquide résultant de ce traitement a été fractionné. On a isolé les portions suivantes :

Fraction.	Densité à 17°.	n_D^{18}.
80°	0,670	1,3873
80- 95	0,6875	1,4019
95-100	0,6878	1,4068
100-105	0,7101	1,4091
105-110	0,7158	1,4112
110-115	0,7225	1,4148
115-120	0,7292	1,4187
120-125	0,7380	1,4221

Ces densités et les indices de réfraction indiquent que l'on a affaire à des carbures d'hydrogène acycliques. Ils décolorent le brome et sont partiellement absorbés par l'acide sulfurique. C'est un mélange de carbures forméniques 40 pour 100 environ et de carbures éthyléniques 60 pour 100.

Nous avons pu identifier l'hexane, l'hexène (2), l'heptane normal, l'heptène, l'octane *n* et l'octène, c'est-à-dire les premiers termes saturés de l'essence de pétrole. accompagnés des termes non saturés correspondants.

La formation de ces carbures d'hydrogène peut s'expliquer comme suit : l'alcool butylique est déshydrogéné en aldéhyde, qui se crotonise immédiatement en partie pour donner l'éthyl-2-hexénal et le diéthyl-2H-hexadiène-2H-al. Ces aldéhydes, instables au contact du catalyseur, perdent partiellement le résidu carbonyle et donnent des hydrocarbures :

(1) $$CH^3CH^2CH^2CH = CHCH^2CH^3,$$

(2) $$CH^3CH^2CH^2CH = C(CH^2-CH^3)-CH = CHCH^2CH^3,$$

qui se scindent en partie en carbures légers, avec départ d'hydrogène et de méthane ou de résidus plus carbonisés. Cet hydrogène peut réagir plus ou moins profondément sur les carbures incomplets pour supprimer les doubles liaisons et les transformer partiellement en composés saturés.

On comprend ainsi la présence simultanée des carbures saturés et non saturés dans les hydrocarbures formés, qui constituent une véritable essence de cracking.

L'alcool propylique et même l'alcool éthylique fournissent des carbures de même valeur.

GÉOLOGIE. — *Le chronomètre stratigraphique de Saint-Nazaire-Penhoët et l'âge de Glozel.* Note (¹) de M. **Paul Combes.**

M. Charles Depéret fait remonter au début du Néolithique l'âge du gisement préhistorique de Glozel.

Il nous a paru intéressant de rappeler que René Kerviler, se basant sur l'examen d'une coupe faite en 1877 lors du creusement du bassin de Penhoët, à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure) et sur les trouvailles faites à différentes hauteurs dans cette coupe, a cru devoir fixer au vᵉ siècle avant notre ère la fin du Néolithique et le début de l'âge du bronze dans notre pays.

La vasière de Penhoët présentait une succession de couches de sable, d'argile et de lignite, se répétant dans le même ordre, un nombre considérable de fois, sur toute la hauteur de la coupe. Chaque groupe de trois couches représentait, d'après Kerviler, le sédiment déposé en une année, la couche végétale représentant l'apport de chaque automne.

Chaque groupe de trois strates (sable, argile, matière végétale) avait $0^{m},0037$ d'épaisseur, d'où il résulte que les sédiments d'un siècle étaient représentés par $0^{m},37$ de strates.

Kerviler ayant découvert, à 6^{m} au-dessous du sol, des fragments d'amphores, des poteries samiennes et une pièce de monnaie à l'effigie de l'Empereur éphémère des Gaules : Tétricus-Pivésus (267 à 274 après J.-C.), il déduisit que, du IIIᵉ au XIXᵉ siècle, le sol de la vasière avait mis 16 siècles à s'exhausser de 6^{m}, ce qui donnait bien $0^{m},37$ par siècle.

A $8^{m},50$ au-dessous du sol, Kerviler découvrit des haches en pierre emmanchées dans des douilles en corne de cerf, des lames en silex, des poteries faites à la main, des épées et poignards en bronze, des pierres d'amarrage, et de nombreux débris de *Bos primigenius*, d'*Urus*, de Suides et de Cervidés.

Entre 6^{m}, profondeur datée par le bronze de Tétricus du IIIᵉ siècle et les trouvailles de pierres polies et de bronze, faites à $8^{m},50$ on trouve une ifférence de $2^{m},50$, soit sept fois $0^{m},37$ ou sept fois un siècle.

Les armes de pierre les plus récentes et les épées de bronze remonteraient ainsi aux vᵉ ou VIᵉ siècles avant notre ère.

Si l'on considère le *chronomètre* de Kerviler comme étant exact, il est

(¹) Séance du 31 octobre 1927.

permis de penser qu'entre le début et la fin du Néolithique et du Néolithique à nos jours un temps plus court que ne le supposaient les préhistoriens s'est écoulé. Cela expliquerait, dans une certaine mesure, l'apparence de civilisation avancée du peuple de Glozel que M. Depéret date du début du Néolithique.

Le creusement de la nouvelle forme-entrée du port de Saint-Nazaire, en 1928, qui fera communiquer la Loire avec le bassin de Penhoët, permettra de contrôler et de compléter les observations déjà anciennes de Kerviler.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la formation des glaciers par fusion diurne et regel nocturne des névés.* Note (¹) de M. **Joseph Devaux**, présentée par M. Brillouin.

Le mécanisme de la transformation du névé en glacier a été l'objet de nombreuses discussions. On a d'abord voulu faire intervenir des phénomènes de fusion et de regel pour expliquer non seulement la formation de la glace, mais encore la marche des glaciers. Cependant les remarquables travaux que J. Vallot (²) a poursuivis pendant de nombreuses années dans le massif du mont Blanc ont montré qu'à une grande altitude la neige se transforme lentement en glace par pression sous l'intervention de fusion de la neige.

Mais des observations personnelles, confirmées par des mesures de densité, viennent de me montrer que le névé peut, dans certaines circonstances, se transformer rapidement en glace, par suite de fusion et de regel, suivant un mécanisme bien déterminé.

Densités comparées de divers glaciers. — J'ai mesuré la densité de plusieurs glaciers pyrénéens en divers points, par la méthode que j'ai exposée dans une récente Note. Voici les moyennes de quelques nombres obtenus, comparés à ceux que J. Vallot a fournis pour le mont Blanc.

(¹) Séance du 5 décembre 1927.

(²) Voir les *Annales de l'Obs. du mont Blanc*, 1, 1893, p. 131; 3, 1898, p. 141, et *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1575.

Base du glacier d'Ossone (Vignemale)	0,911
» » » Nord du Cylindre	0,902
» » » du Casque	0,896
» » » Nord du Taillon	0,889
Affleurement de glace dans la partie supérieure du glacier de la Brèche de Roland (à quelques mètres de la Brèche)	0.886
Affleurement de glace dans la partie Nord-Est du glacier Est du Taillon, tout à fait dans le haut du glacier (cette glace n'était plus surmontée de névé générateur le 10 octobre 1927)	0,887
Mer de glace	0,91
Glacier aux Grands Mulets	0,88
Glace imperméable au sommet du mont Blanc à 15ᵐ de profondeur	0,86

Interprétation. — J. Vallot a montré qu'au sommet du mont Blanc à 4800ᵐ d'altitude, la neige se transformait progressivement en glace, bien que sa température restât constamment au-dessous de — 15°. Il est fort probable que la majeure partie de la glace qui constitue les grands glaciers des Alpes et les plus grands glaciers des Pyrénées se forment ainsi, lentement, sans qu'intervienne la fusion. Dans le cas d'une telle formation, la densité du glacier doit croître à mesure que l'on suit son cours; ce sont les glaciers les plus puissants (les plus longs et les plus épais) qui doivent, en gros, posséder les échantillons de glace de plus forte densité à leur base.

La plupart des nombres cités plus haut confirment cette manière de voir.

Toutefois les deux derniers nombres (glacier de la Brèche et glacier Est du Taillon) constituent une anomalie, que je crois inexplicable si l'on ne fait pas intervenir la fusion. D'une manière générale, si la glace proprement dite (imperméable) se montre à la fin de chaque saison chaude dans le haut du glacier, et n'est plus surmontée par un névé générateur appréciable, il faut admettre qu'une telle glace peut se former en moins d'un an.

Formation des glaciers par fusion et regel des névés. — Lorsqu'on plonge dans l'eau un fragment de névé, on constate qu'il s'imbibe, mais pas entièrement : il reste des bulles d'air et le bloc immergé a souvent l'apparence d'un fragment de glacier de densité voisine de 0,89.

Souvent, pendant les journées d'été, toute la masse d'un névé est à 0°; il fond en surface et l'eau suinte capillairement dans sa masse; la surface inférieure, aux endroits libres, est imbibée d'eau sous une faible épaisseur; l'eau s'égoutte régulièrement.

Si, pendant la nuit (par suite d'un refroidissement de l'air ou d'un refroidissement propre de la neige par rayonnement) le névé se gèle dans toute sa masse, la couche inférieure, imbibée d'eau, pourra donner une couche de

glace imperméable. Les eaux d'infiltration de la journée suivante ruisselleront sur cette glace sans la fondre; la couche de névé qui est en son contact doit être, à son tour, imbibée d'eau et pourra donner une nouvelle couche de glace en se gelant. La glace s'accroîtra de jour en jour.

En fait, on rencontre constamment de pareiles croûtes de glace, souvent de plusieurs décimètres d'épaisseur, à la partie inférieure des névés. Elle a, à peu près, l'aspect de la glace des glaciers. Il y a brusque passage du névé de densité voisine de 0,60 à la glace de densité voisine de 0,89.

Si une telle formation s'accroît d'année en année, elle pourra donner naissance à un véritable glacier. A mon avis, ce phénomène de fusion et regel joue le principal rôle dans la formation du glacier de la Brèche de Roland et du glacier Est du Taillon. Il doit également avoir un rôle fondamental dans la formation des petits glaciers pyrénéens, qui sont parfois plus ou moins intermittents. Même dans le cas de puissants glaciers, il faut en tenir compte pour des altitudes moyennes; la masse de glace ainsi produite doit alors être relativement très faible; mais, comme elle se forme à la surface du glacier, on la rencontre souvent; elle produit des anomalies de densité qu'il convient de savoir interpréter.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'inuline d'Asphodèle*. Note de MM. **H. Colin** et **Ch. Neyron de Méons**, présentée par M. Guignard.

Ce que les auteurs appellent inuline d'Asphodèle, ou encore inuline soluble, est une lévulosane assez spéciale dont voici les caractères essentiels, bien différents, pour la plupart, de ceux de l'inuline des Composées.

Le produit desséché se présente sous forme d'une poudre blanche, inodore, insipide, très fortement hygroscopique; chauffé, il brunit à partir de 170° et fond en se décomposant vers 210°; extrêmement soluble dans l'eau, il se sépare spontanément de ses solutions sirupeuses sous forme de granules microscopiques analogues à des sphéro-cristaux. Son pouvoir rotatoire est égal à —18° et tombe à —67° après hydrolyse, à la température de 15°. Il s'agit d'un glucide à petite molécule, dialysant très facilement et abaissant le point de congélation dans la même mesure que le sucre de canne. Le dérivé calcique est soluble dans l'eau, même dans l'alcool faible, indissociable par CO^2; le composé barytique précipite par affusion d'alcool; le gaz carbonique n'en régénère que partiellement la lévulosane.

C'est en été, après la période de végétation active, qu'il convient de

récolter les tubercules; ils renferment alors 10 pour 100 environ de lévulosane et le minimum de saccharose et de sucre réducteur.

Dès la fin de l'automne, le contingent glucidique commence à évoluer; le réducteur prend de l'importance, le sucre de canne se fait plus abondant; vers le mois de mars, le suc des tubercules est optiquement neutre ou même dextrogyre, les réserves se trouvent alors très réduites. Ce rythme, en rapport avec les phases de la végétation, affecte l'ensemble des tubercules, quel que soit leur âge; ni l'espèce d'Asphodèle, ni l'habitat n'y changent rien.

Les feuilles d'Asphodèle ne renferment pas de lévulosane; on n'y rencontre d'autre glucide que du saccharose et du sucre réducteur, celui-ci, comme c'est de règle, relativement plus abondant à la base du limbe qu'au sommet. Le polyose lévogyre fait son apparition dans le rhizome; il n'émigre jamais tel quel vers les parties aériennes, les bourgeons qui prennent naissance sur la tige souterraine n'en contiennent déjà plus; chose curieuse, les tubercules, à l'état de minuscules protubérances, n'en ont pas davantage; leur suc, comme celui des bourgeons, est fortement dextrogyre, en raison de sa teneur en saccharose.

Glucides des Asphodèles.

	$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.	T.	R.	S.	L.
Feuilles : extrémité (janvier).....	+53	0	1,29	0,49	0,80	0
» » (avril).......	+62	−10	2,20	0,69	1,51	0
» base (janvier).........	+50	−12	1,36	0,99	0,56	0
» » (avril)...........	+56	−16	1,70	1,20	0,50	0
Rhizomes : bourgeons (septembre).	+56	−24	1,70	0,27	1,43	0
» pulpe » .	+ 2	−65	5,00	0,27	1,20	3,53
Tubercules : naissants...........	+22	−10	2,41	1,14	1,27	0
» février............	+ 4	−15	2,76	1,99	0,5	0,27
» avril.............	+ 2	−57	5,28	0,65	1,8	2,83
» mai..............	−13	−63	10,90	0,24	0,80	9,85
« juin...............	−17	−63	12,80	0,79	1,01	10,99
» septembre.........	−20	−72	8,30	0,29	0,18	7,82
» novembre..........	−20	−65	8,38	0,50	0,10	7,88
» décembre..........	−22	−72	5,84	2,00	0,10	3,84
» janvier............	−21	−67	4,00	1,10	0,10	2,90
» février............	− 6	−49	2,50	0,78	0,60	1,12
» avril..............	+ 3	−56	6,70	1,25	1,84	3,68

Les données ci-dessus sont strictement indispensables pour justifier cet exposé.

$[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$ désignent les pouvoirs rotatoires, à $15°$, du contingent glucidique, avant et après hydrolyse; sous les rubriques T, R, S, L, figurent les pourcentages respectifs, par rapport au poids frais, du sucre total, du réducteur, du saccharose et de la lévulosane.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la chaleur sur l'énergie potentielle des plantes*. Note [1] de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Léon Guignard.

Chaque espèce végétale peut atteindre une vitesse de croissance et une taille qu'elle ne dépasse point, quelque favorables que soient les conditions qui déterminent son développement. Cette vitesse et cette taille peuvent être différentes d'une espèce à l'autre et sont en puissance dans le germe de l'espèce, spore, œuf, embryon dans la graine ou même bouture. Mais elles peuvent être encore très différentes dans la même espèce; c'est ainsi que, par exemple, le *Lepidium sativum* peut atteindre la taille de 1^m (semis du 18 mars 1926), alors que des plantes de la même espèce et de même origine ne dépassent pas 10^{cm} bien que portant des fruits (semis du 22 juillet 1926). Ici le plein rendement de l'énergie potentielle de la plante est contrarié par les conditions défavorables de milieu, parmi lesquelles ont prédominé la chaleur et la lumière, puisque le sol et l'aération ont été sensiblement les mêmes et que des arrosages copieux ont été distribués aux plantes du deuxième semis. Vraisemblablement même, la chaleur a joué le rôle principal dans la production du nanisme. Nous savons déjà que cette chaleur agit sur l'énergie potentielle de la plante non seulement en activant sa croissance, mais encore en modifiant l'énergie potentielle des graines qu'elle produit et leur conférant le caractère précocité qui devient héréditaire jusqu'à la sixième génération au moins.

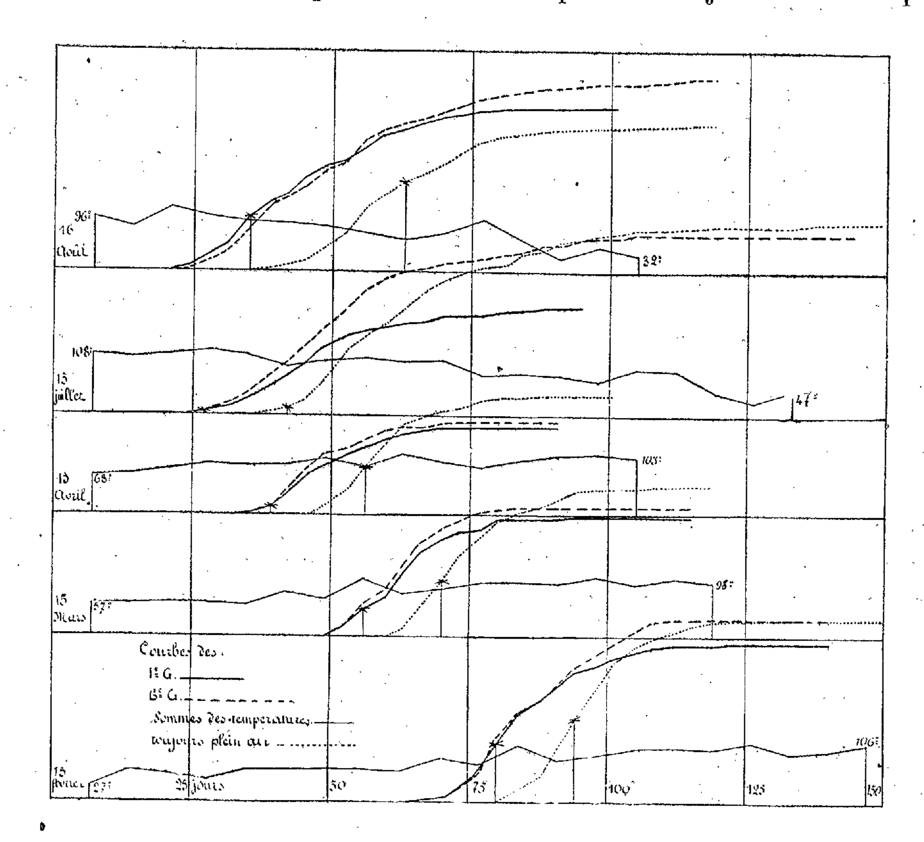
L'étude de ces phénomènes est très complexe et exige de nombreuses expériences pour être traitée raisonnablement. C'est une contribution à cette étude que j'apporte ici, en faisant ressortir quelques points intéressants de mes cultures successives de 1927.

De février à novembre, j'ai fait, en plein air, 10 semis successifs de *Lepidium sativum*, chacun d'eux comprenant quatre cultures avec des plantes de 1re, de 3e, de 6e génération de plein air après la vie sous châssis et avec

(1) Séance du 19 décembre 1927.

des plantes toujours de plein air. Cinq de ces semis m'ont donné des résultats correctement interprétables en ce moment : ceux du 15 février, du 15 mars, du 15 avril, du 15 juillet et du 16 août.

Ces résultats sont représentés, dans le tableau ci-dessous, par des courbes de croissance des plantes de 1re, de 6e génération de plein air après la vie sous châssis et de toujours plein air. Les ordonnées correspondent aux tailles et les abscisses représentent les temps avec le jour du semis pour



origine. Sur les courbes de 1re génération et de toujours plein air, je marque d'une croix le jour où j'ai noté l'apparition des premiers boutons. Enfin j'ai ajouté les courbes des sommes hebdomadaires des moyennes quotidiennes des températures pour chaque semis.

En interprétant ces courbes, on peut isoler les faits suivants :

1° La vitesse de croissance augmente avec la température et la durée de la période végétative diminue ;

2° Au début de cette période végétative, la vitesse de croissance est plus

grande dans les plantes précoces que dans les plantes normales; mais, plus tard, elle devient plus petite et le rendement final est plus faible;

3° Une exception à cette dernière règle semble se présenter dans le semis du 16 août, comme elle s'est présentée dans le semis du 15 mars à Alger (1): les plantes normales restent en retard et ne dépassent pas les précoces, même en fin de végétation. L'explication pourrait être la même que celle qui a été proposée en admettant un optimum dont les cas considérés s'éloigneraient, à Alger au-dessus, à Rennes au-dessous de cet optimum.

4° Dans tous ces semis, l'hérédité du caractère précocité se conserve jusqu'à la 6e génération de vie en plein air après la vie sous châssis; mais, dans quatre semis, la courbe de la 6e génération se rapproche de la courbe des plantes normales beaucoup plus que celle de la 1re génération, accusant ainsi une atténuation dans cette hérédité;

5° L'apparition des boutons se fait : 1° de plus en plus tôt; 2° sur des tiges de plus en plus courtes, quand la température augmente. Ceci montre que l'énergie potentielle de la plante a été fortement contrariée par la chaleur, en ce qui concerne les formations somatiques avant qu'apparaissent les organes reproducteurs. Remarquons aussi que ce double phénomène est encore plus exagéré dans les plantes qui ont hérité de la précocité provoquée par la vie sous châssis, donc par la chaleur, que dans les plantes normales toujours de plein air;

6° Enfin il y a une période plus favorable au bon développement du *Lepidium sativum;* dans l'ensemble des semis considérés, ce serait celui du 15 février qui réussirait le mieux.

ENTOMOLOGIE APPLIQUÉE. — *Destruction de la fausse teigne* (Galleria mellonella) *au moyen de la chloropicrine*. Note de M. **George F. Jaubert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Comme M. Gabriel Bertrand l'a démontré antérieurement, la chloropicrine ou nitrochloroforme est un insecticide très puissant dépourvu en outre d'action coagulante à l'égard des matières protéidiques (2). J'ai pensé que cette substance pourrait utilement servir à lutter contre les ravages que

(1) Pierre Lesage, *Précocité et rendement final dans la thermobiologie des plantes et variations avec la lattitude* (*Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 966).

(2) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 142.

les larves de la fausse teigne (*Galleria mellonella*) font dans les ruches d'abeilles et, plus encore, dans les rayons mobiles que les apiculteurs conservent d'une année à l'autre.

Le résultat à attendre de la chloropicrine était plus incertain que dans le cas de l'étouffage des cocons de vers à soie [1], car il s'agissait de tuer non seulement les papillons et les larves, mais également — et presque avant tout — les œufs.

Or ces derniers sont particulièrement résistants, même à haute température; en outre leur cuticule serait-elle suffisamment perméable aux vapeurs de chloropicrine?

Quelques essais préparatoires sur des papillons et des larves m'ont démontré l'action foudroyante de la chloropicrine sur les premiers, et extrêmement rapide sur les seconds. Le papillon tournoie, fait une pirouette et tombe : sa mort est instantanée. Quant aux larves, elles s'agitent, rampent avec rapidité, comme si elles cherchaient à échapper à l'action du gaz toxique; elles s'arrêtent bientôt et présentent alors quelques petits mouvements saccadés qui cessent complètement au bout de quelques minutes : les larves sont mortes.

De manière à faire des essais méthodiques, j'ai élevé au cours de l'été plusieurs centaines d'œufs, de larves et de papillons de la fausse teigne et les expériences ont été faites en série, afin de déterminer la quantité optima de chloropicrine à employer.

Tous les essais étaient faits dans des bocaux de 2^l, dans lesquels on mettait les œufs, les larves ou les papillons.

Quant à la chloropicrine, qui avait été mise obligeamment à ma disposition par M. Gabriel Bertrand, elle était versée au moyen d'une très petite pipette, sur une bande de papier à filtrer, suspendue par un crochet, sous le bouchon de liège du bocal.

Après quelques essais tout à fait satisfaisants et de manière à éviter l'odeur désagréable de la chloropicrine, j'ai adopté la technique suivante : afin de pouvoir mesurer plus exactement les quantités de chloropicrine employée, j'ai dilué cette dernière dans du tétrachlorure de carbone et c'est avec cette solution au dixième, c'est-à-dire contenant 1^{vol} de chloropicrine et 9^{vol} de tétrachlorure de carbone, que j'ai fait mes essais.

Les résultats moyens d'un très grand nombre d'essais sont les suivants :

Dans une atmosphère contenant 20 à 30^{mg} par litre de chloropicrine, soit

(1) GABRIEL BERTRAND, *Ann. Inst. Pasteur*, 38, 1924, p. 529, et 40, 1926, p. 288.

pure, soit diluée avec du tétrachlorure de carbone, les œufs, les larves et les papillons de la fausse teigne sont tués d'*une manière certaine* au bout de très peu de temps.

En ce qui concerne les larves et les papillons, la chloropicrine pure suffit. Pour les œufs, il semble que les vapeurs de tétrachlorure prennent part, également, à l'action léthale. Le tétrachlorure, en effet, est un dissolvant tout à fait remarquable des graisses et il est possible qu'il prépare le chemin à l'action décisive de la chloropicrine.

Une expérience sur 100 rayons de ruches Dadant, empilés dans une grande caisse hermétique, à raison de $0^g,5$ de chloropicrine (diluée dans du tétrachlorure de carbone) par kilogramme de rayons bruts (cadre de bois compris) m'a donné des résultats absolument satisfaisants.

Après avoir disposé les rayons dans la caisse, les uns contre les autres, on met sur le dessus de la pile une feuille de papier, de préférence à filtrer ou à son défaut une feuille de journal, sur laquelle on verse de place en place la solution de chloropicrine, puis on ferme rapidement la caisse et colle si besoin des bandes de papier sur les joints.

Après quelques jours, les rayons sont exposés à l'air et ne gardent aucune odeur de chloropicrine : ils sont radicalement débarrassés de la fausse teigne.

Même pour des personnes non initiées aux travaux de laboratoire, le procédé à la chloropicrine, pour lutter contre les ravages de la fausse teigne, est infiniment plus pratique et certain que ceux qui consistent à brûler du soufre sous une pile de rayons ou à exposer ces derniers à l'action du sulfure, ou du tétrachlorure de carbone, ou du dichlorobenzène. En outre la solution employée est ininflammable.

M. **Gabriel Bertrand** croit devoir faire observer, à la suite de cette intéressante Communication, que la supposition présentée au sujet du tétrachlorure de carbone ne lui paraît pas complètement d'accord avec les faits : la chloropicrine est aussi un dissolvant des matières grasses ; d'autre part, M. Gabriel Bertrand obtient d'ordinaire la destruction des œufs d'insectes (punaises, poux, puces, anobium, etc.) par la vapeur seule de chloropicrine.

PHYSIOLOGIE. — *Évaluation de l'excitabilité neuro-musculaire. Discussion théorique*. Note [1] de M. **H. Lassalle**, présentée par M. d'Arsonval.

Lorsque sous une influence physiologique ou pathologique la rhéobase et la chronaxie d'un organe sont déviées dans le même sens, il semble facile d'interpréter les modifications de l'excitabilité. Quand la variation des paramètres s'effectue dans des sens opposés on attache généralement peu d'importance aux fluctuations de la rhéobase pour retenir surtout celles de la constante de temps qui révéleraient, à elles seules, les variations de l'excitabilité.

Or il est des cas où l'interprétation de chiffres expérimentaux d'après la théorie chronologique de l'excitation conduit à des conclusions paradoxales. Pour me limiter à un exemple je citerai le cas de la crise de tétanie, syndrome d'hyperexcitabilité neuro-musculaire avérée, qui s'accompagne d'une élévation considérable de la chronaxie.

De par sa définition le chiffre de la chronaxie varie en sens inverse de celui qui exprime la vitesse d'excitation d'un organe, et, de ce chef, il contribue à le caractériser. Mais il n'apparaît nullement que l'on ait le droit d'induire des variations de sa valeur absolue à des modifications de l'excitabilité relative de l'élément, c'est-à-dire de son aptitude plus ou moins grande à réagir à une incitation dynamogénique déterminée.

La propriété abstraite que l'on désigne par excitabilité ne saurait être objectivée autrement que par la considération de la grandeur de l'excitant. Il est logique de convenir que l'excitabilité est d'autant plus grande que l'énergie nécessaire pour obtenir une réaction minimale est plus petite.

Désignons par a_1 la rhéobase et par τ_1 la chronaxie d'un élément, dans un certain état d'excitabilité E_1, par a_2 et τ_2 les mêmes paramètres dans un état différent E_2. Un stimulus de durée t nécessitera, pour être tout juste efficace dans chaque cas, des énergies de valeurs respectives J_1 et J_2. Afin de spécifier la relation entre les deux états d'excitabilité, nous l'évaluerons, selon notre convention, par l'inverse du rapport des énergies liminaires correspondantes :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{J_1}{J_2}. \tag{1}$$

(1) Séance du 19 décembre 1927.

Pour une excitation de durée très courte, inférieure à une chronaxie, l'intensité liminaire est donnée en fonction du temps par la loi de Nernst :

$$i = 2a\sqrt{\frac{\tau}{t}}.$$

Portons cette valeur de i dans la formule générale de l'énergie

$$J = Ri^2 t.$$

On a

$$J = 4Ra^2\tau,$$

où R est la résistance du tissu, supposée invariable dans une même expérience. Le rapport des excitabilités d'après l'équation (1) s'écrit donc dans ce cas

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{4Ra_1^2\tau_1}{4Ra_2^2\tau_2} = \frac{a_1^2\tau_1}{a_2^2\tau_2}.$$

Si nous considérons maintenant un stimulus de durée très longue, supérieure à 10 chronaxies, la loi de l'excitation est toute différente; l'intensité liminaire est égale à la rhéobase a et l'énergie liminaire devient

$$(2) \qquad J = Ra^2 t,$$

où t est la durée du passage du courant.

Or, dans ces conditions d'excitation (temps longs), la considération de l'énergie liminaire totale ne saurait conduire, par application de la formule (1), à une évaluation rationnelle des variations de l'excitabilité. Il est en effet démontré que le processus d'excitation par le courant rhéobasique qui a commencé dès la fermeture du circuit s'effectue intégralement pendant une période déterminée, appelée *temps utile*, qui est liée à la chronaxie par un facteur de proportionnalité k (1). Il est évident que, dans la détermination du rapport des excitabilités, on doit seulement considérer l'énergie utile, physiologiquement active, calculée en faisant $t = k\tau$ dans la formule (2) :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{kRa_1^2\tau_1}{kRa_2^2\tau_2} = \frac{a_1^2\tau_1}{a_2^2\tau_2}.$$

Pour les temps compris entre τ et $k\tau$, le rapport des énergies varie avec la durée et n'est pas calculable par les seuls paramètres. Mais si l'on consi-

(1) D'après Lapicque, k serait voisin de 10. *L'excitabilité en fonction du temps*, p. 253. Paris, 1926.

dère non plus le stimulus de durée particulière t, mais la moyenne d'un grand nombre de stimulus liminaires qui peuvent être réalisés entre les limites de temps envisagées, on prévoit par la théorie et l'on vérifie par des mesures expérimentales que le rapport des énergies liminaires moyennes est encore égal à

$$\frac{a_1^2 \tau_1}{a_2^2 \tau_2}. \qquad (3)$$

En valeur relative, une excitabilité sera donc définie, grâce à l'énergie, par l'expression très simple $E = \frac{1}{a^2 \tau}$.

On vérifie, en effet, que le rapport des valeurs que prend cet indice dans deux états d'excitabilité 1 et 2 est bien égal à l'expression (3).

Cet indice me paraît constituer, en l'état actuel de nos connaissances, le meilleur test pour apprécier les variations quantitatives de l'excitabilité relative, sous la condition que la résistance de l'organe demeure fixe au cours des déterminations successives.

Par sa considération les nombreux cas aberrants où une augmentation évidente de l'excitabilité s'accompagne d'une élévation apparemment paradoxale de la chronaxie sont facilement interprétés.

Son utilisation systématique dans tous les cas me semble nécessaire pour compléter les indications données par la considération des seules valeurs de la rhéobase et de la chronaxie.

PHYSIOLOGIE. — *Variations systématiques et signification du quotient respiratoire en fonction de la température chez les animaux.* Note de MM. **Charles Kayser** et **Albert Ginglinger**, présentée par M. Roux.

Étudiant la régulation thermique, nous nous sommes demandés quels facteurs, en dehors du travail musculaire et des apports alimentaires, modifiaient la valeur du quotient respiratoire. Nous avons dégagé tout d'abord l'influence systématique exercée par la température sur la valeur de ce quotient [1].

Voici quelques exemples d'expériences faites avec la méthode pondérale de Haldane.

---

[1] Nous n'avons pas pris en considération le cas bien connu du sommeil hibernal.

1° *Cas des Poïkilothermes :* Tortue (durée des expériences : 14 heures).

Tortue H conservée à 18° non à jeun.		Tortue Z non à jeun.		
Température de l'expérience.	Q R.	Durée d'accoutumance à la température de l'expérience.	Température de l'expérience.	Q R.
9°	0,45	1h,30	5°	0,45
18	0,85	96	9	0,41
29	1,37	2	27	1,48
		120	27	0,93
		48	30	0,99

On voit que le QR s'élève avec la température et que le temps de séjour, soit à basse soit à haute température avant l'expérience, a une influence sur ce quotient. Isuka (1926) a signalé que chez la grenouille le QR se rapprochait parfois, dans ses expériences, de l'unité aux températures élevées.

2° *Cas des homéothermes imparfaits* (durée des expériences : 2 heures).

a. Souris de 2 à 5 jours ne réglant pas encore leur température.

N° 5 (¹). Temp.	QR.	N° 8 (²). Temp.	QR.
15°	0,67	12°	0,55
34°	0,82	28°	0,84

b. Lapin ne réglant plus après piqûre du 4e ventricule.

Température.	QR.	Calories kg/h.
20°	0,83	2,43
12°	0,72	2,02

Le phénomène est le même que chez les poïkilothermes, l'écart entre les valeurs extrêmes du QR étant toutefois moins grand.

3° *Cas des homéothermes parfaits* (durée des expériences : 2 à 3 heures).

a. Pigeon normal.

Expérience n° 15 : 24 heures de jeûne.

Température.	QR.	Calories kg/h.
12°	0,70	8,58
29°,5	0,78	5,96
39°	0,86	5,5

b. Cobaye normal.

Expérience n° 3 : 24 heures de jeûne.

Température.	QR.	Calories kg/h.
24°	0,73	4,8
3° sans frisson	0,63	7,65
3° avec frisson	0,796	10,7

Dans *les limites de température qui ne provoquent ni polypnée thermique, ni*

(¹) Expérience n° 5 : 10 souris non à jeun de 1g,72.

(²) Expérience n° 8 ; 8 souris de 1g,48, 2 heures de jeûne.

frisson, il y a ici encore variation du QR avec la température. Cette constatation est en accord avec les faits signalés par Aszodi et Häri (1921) chez la souris forcée endormie par le froid (QR = 0,5), et par Finney, Dworkin et Cassidy (1927) chez le chien anesthésié où le QR tombe à 0,6 en l'absence de frisson en même temps que la température centrale baisse.

De ces constatations se dégage la loi suivante : *chez les poïkilothermes, chez les homéothermes imparfaits ou parfaits, la valeur du quotient respiratoire est fonction de la température et augmente avec elle*. Ce phénomène est *indépendant de la grandeur des échanges* dont les variations avec la température sont de sens opposés chez les homéothermes et les poïkilothermes. Il est plus marqué chez ces derniers dont la température centrale suit celle du milieu; il est d'autant moins ample chez les homéothermes que le contrôle des centres thermo-régulateurs est plus efficace.

On s'étonne que cette loi ait pu échapper aux observateurs qui ont étudié soit les échanges des animaux, soit l'action dynamique spécifique en fonction de la température; elle était pour eux d'importance primordiale puisque c'est la valeur du QR qui détermine le choix du coefficient thermique et partant la grandeur des échanges.

Nos observations conduisent à une conception du QR voisine de celle à laquelle sont arrivés Cathcart et Markowitz (1927) en partant d'expériences d'un autre ordre. Le quotient respiratoire n'a pas une signification univoque, il représente à chaque instant la somme algébrique du QR des oxydations nécessaires aux besoins énergétiques et du QR de la transformation Hydrates de Carbone $\rightleftarrows$ graisses; le sens de ce dernier équilibre se déplaçant avec la température.

De même que le changement de concentration d'un aliment au niveau de la cellule change la nature des oxydations cellulaires, de même la température influe sur la nature des synthèses se faisant à chaque instant. Il n'existe pour chaque espèce qu'une zone limitée de températures où la vitesse de la transformation invoquée plus haut, étant nulle ou faible, le QR total représente bien le QR des oxydations. En dehors de cette zone, l'importance et la nature des synthèses variant avec la température, la valeur des coefficients thermiques varie également indépendamment de l'aliment brûlé, et il est impossible — surtout aux températures extrêmes — de choisir d'après le QR, le coefficient thermique à appliquer pour obtenir la production calorique. La calorimétrie directe s'impose dans ces cas.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les propriétés hypoglycémiantes du sulfate de galégine.* Note (¹) de MM. **H. Simonnet** et **G. Tanret**, présentée par M. A. Desgrez.

L'alcaloïde du *Galega officinalis*, la galégine (iso-amylène-guanidine), nous a précédemment permis de provoquer chez le lapin, par voie sous-cutanée ou par voie buccale, une hypoglycémie pouvant aller jusqu'aux crises mortelles rappelant les crises insuliniennes (²). Depuis, et comme l'ont fait en Allemagne Müller et Reinwein (³), nous venons de reconnaître que cette hypoglycémie est capable de se manifester aussi chez le chien et chez l'homme sain.

I. *Chien.* — Aux doses préalablement essayées et voisines de la dose toxique (1 à 2^{cg} par kilogramme) nous n'avions constaté que peu de variations dans la glycémie, et plutôt une tendance à l'hyperglycémie. Mais à la dose de 4^{mg} par kilogramme se manifeste chez l'animal à jeun une hypoglycémie dont le maximum s'établit 10 à 16 heures après la prise de l'alcaloïde : le sucre baisse dans la proportion de 13 à 22 pour 100, et tend ensuite à remonter à son niveau primitif.

Glycémies (grammes pour 1000).

0 heure	0,935	0,915	0,845
10 heures............	0,780	0,885	0,890
12 »	–	0,710	0,815
16 »	–	0,800	0,735

Pour les doses de 3 et 6^{mg} par kilogramme, l'abaissement de la glycémie a été insignifiant. La dose de 4^{mg} paraît donc la plus favorable pour provoquer la plus forte hypoglycémie.

Chez un chien nourri normalement, mais recevant quotidiennement, pendant 18 jours, 6^{mg} par kilogramme de sulfate de galégine, la glycémie subit par échelons un abaissement dont le maximum fut de 38 pour 100 : dans les derniers jours de l'expérience l'alcaloïde paraissait sans action et la glycémie remontait assez près de son niveau primitif : il y avait donc accoutumance.

(¹) Séance du 12 décembre 1927.

(²) H. Simonnet et G. Tanret, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1600.

(³) H. Muller et H. Reinwein, *Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol.*, 125, 1927, p. 212.

Glycémies (grammes pour 1000).

1er jour	1,240	13e jour	0,850
3e »	1,020	15e »	0,770
4e »	0,785	18e »	0,925
7e »	0,780	cessation	
10e »	0,790	23e »	1,050

Chez un chien totalement dépancréaté sur lequel nous pûmes faire quelques expériences, l'effet sur l'hyperglycémie fut nul. Mais on constata une tendance à l'abaissement de la glycosurie et de la polyurie.

II. Homme. — Chez l'un de nous, le jeûne étant maintenu pendant 36 et 40 heures, nous recherchâmes l'influence de 2 et 3mg par kilogramme de sulfate de galégine, l'alcaloïde étant pris 12 heures après le repas du soir. L'abaissement de la glycémie, comparé à celui produit par un jeûne simple, fut tardif et faible et ne dépassa guère 5 à 10 pour 100.

Avec une dose journalière de 4mg par kilogramme, ingérée aux repas et sans changement du régime alimentaire, le sucre sanguin tomba en deux jours de 1,025 à 0,800, soit une baisse de 22 pour 100. Ultérieurement, et malgré la continuation de l'alcaloïde, la glycémie remonta graduellement à son niveau primitif qui fut atteint le cinquième jour. L'accoutumance, signalée chez le chien, se retrouve donc encore chez l'homme.

Nous avons enfin constaté que l'alcaloïde a une influence très nette sur l'hyperglycémie transitoire, provoquée par l'ingestion massive, à jeun, de 50g de glucose. Alors que dans une première expérience sans galégine, nous mesurions au bout de 40 minutes une augmentation de glycémie de 50,2 pour 100, dans une deuxième expérience avec galégine (4mg de sulfate par kilogramme), l'augmentation n'était plus que de 17,3 pour 100. L'hyperglycémie avait donc été abaissée de 66 pour 100 de sa valeur.

En résumé, aux faibles doses, très voisines de 4mg par kilogramme, le sulfate de galégine est capable d'amener chez le chien et chez l'homme sain un certain abaissement de la glycémie, qui, dans nos expériences, a plusieurs fois atteint et dépassé 20 pour 100; il en fut de même pour la glycosurie du chien dépancréaté. Ces abaissements, à la vérité, se sont montrés entre nos mains beaucoup moins prononcés que ceux publiés par les auteurs allemands qui viennent de s'occuper de la galégine.

Il serait prématuré de tirer de ces recherches et de la faiblesse relative de nos résultats une conclusion applicable au diabète chez l'homme [1]. Seule l'expérience directe est capable, dans ce cas, de renseigner sur l'activité de l'alcaloïde.

---

[1] Reinwein a essayé la galégine chez quelques diabétiques, et au moins, dans les cas légers, semble avoir eu des résultats encourageants (*Münchener med. Woch.*, **74**, 1927, p. 1794).

RADIOLOGIE. — *Sur les propriétés biologiques des rayons X de 8 Angström.* Note [1] de M. **Jean Saidman**, transmise par M. M. de Broglie.

Il est de notion courante que les rayons X sont d'autant plus dangereux pour la peau humaine que leur longueur d'onde est plus grande. C'est pourquoi on les élimine en radiothérapie avec des filtres appropriés.

Cette conception doit être révisée. F. Schultz [2] et Zehden [3] avec des tubes à gaz et des rayonnements de 1-2 wehnelt avaient déjà noté que les radiodermites produites par les rayons X très mous évoluaient d'une façon bénigne.

Plus récemment Bucky [4], utilisant un tube Coolidge muni de fenêtre en verre Lindemann et fonctionnant sous une tension de 6-12 kilovolts, a affirmé que le rayonnement ainsi obtenu présente des caractères biologiques particuliers : érythème bénin, absence d'épilation, abaissement du chiffre leucocytaire, stimulatien du système sympathique. L'emploi thérapeutique de ces rayons (de 1,5 à 2 Å), dits « Grenzstrahlen », serait inoffensif, la couche vasculaire dermique n'étant pas suffisamment atteinte.

Les expériences de contrôle faites par divers auteurs ont abouti à des conclusions contradictoires et Gabriel [5] reconnaît que les rayons de Bucky agissent assez profondément et ne se distinguent pas d'une façon absolue des rayons X ordinaires.

Nos expériences avec un tube de Bucky, à anticathode de ferro-chrome, alimenté sous une tension de 10 kilovolts, ont montré que les rayons émis (1,5 et 2,1 Å) sont assez pénétrants. Des mesures d'ionisation, faites en collaboration avec M. R. Cahen, indiquent que la moitié du rayonnement passe à travers un lambeau de peau (épiderme, derme et couche graisseuse sous-cutanée) épais de 2^{mm}.

Il en résulte que les rayons de Bucky atteignent en majeure partie les vaisseaux dermiques et papillaires et ne peuvent être considérés comme étant dépourvus de tout danger. Cela confirme les remarques expérimentales de Gabriel [5], Klovekorn, Heinrich et Gartner [6], de Schreus [7], etc.

Pour atteindre un rayonnement moins nocif en radiothérapie il faut par conséquent recourir à des longueurs d'onde supérieures à 2 Å et chercher

(1) Séance du 19 décembre 1927.

(2) *Traitement des maladies de la peau par les rayons X*, 1910 (en allemand) et 1912 (en anglais).

(3) Cité par Gabriel (5).

(4) *Münchener Mediz. Woch.*, 73, 1925, p. 802; *Strahlentherapie*, 24, 1926, p. 524.

(5) *Strahlentherapie*, 24, 1926-1927, p. 534.

(6) et (7) *Communications au Congrès dermatologique de Bonn*, septembre 1927.

autant que possible des radiations pour lesquelles l'absorption des couches superficielles de l'épiderme se rapproche de celles des ultraviolets dont on connaît déjà l'efficacité en thérapeutique.

Tel est le cas des rayons de 8 Angström (K de l'aluminium). Nous avons utilisé le tube spécialement construit par M. Dauvillier (1) et dont le fonctionnement nous a donné toute satisfaction. Des mesures préalables nous ont montré qu'une couche d'épiderme corné épaisse de $\frac{3}{100}$ de millimètre absorbe sensiblement la moitié des rayons. Pour atteindre le même taux d'absorption dans l'ultraviolet (50 pour 100 à travers $\frac{3}{100}$ de millimètre), les mesures d'Hasselbalch (2) indiquent une longueur d'onde voisine de 3000 Å située dans la partie la plus active du spectre solaire.

Les rayons de 8 Å sont donc absorbés par les couches superficielles de l'épiderme et ne peuvent pas atteindre pratiquement la zone vasculaire dont les altérations provoquent la radiodermite. De même ils n'atteignent pas en quantité appréciable la racine des poils, ce qui exclut tout effet épilatoire (contrairement aux rayons de Bucky qui ont provoqué dans certains cas des épilations).

Les premiers essais ont été faits sur notre avant-bras (côté palmaire et bords). La peau étant placée à 5^{mm} de la fenêtre de cellophane. Nous avons reçu une dose correspondant au régime de 20 milliampères (sous 3000 volts) pendant 1 minute pour un champ et 5 minutes pour un autre. La dose de 20 milliminutes (nous désignons par milliminutes le produit du nombre de minutes d'irradiation, l'intensité du courant dans le tube, la distance et la tension restant les mêmes) n'a été suivie d'aucune réaction durable (3); celle de 100 milliminutes a provoqué un erythème très léger et une pigmentation brunâtre s'accentuant après 3 jours et devenant de plus en plus marquée pendant 3 semaines. Sur le bord interne du bras, un champ de 40 milliminutes n'a rien donné d'appréciable, un autre de 75 milliminutes a produit une ébauche de pigmentation après une semaine. Une dose de 250 milliminutes produisit un erythème très léger et une pigmentation brunâtre analogue à celle du champ de 100 milliminutes. Sur le bord externe de l'avant-bras une zone velue a reçu 300 milliminutes suivis d'érythème marqué et de pigmentation modérée et sans épilation.

La tolérance de la peau semble donc beaucoup plus considérable pour les rayons produits par le tube de Dauvillier que pour ceux de Bucky et à plus

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1460.

(2) *Skandinav. Arch. Physiol.*, **25**, 1912, p. 55.

(3) Aussitôt après l'application des rayons, on observe un érythème transitoire qui se produit même sans rayons X sous l'effet du chauffage dû au filament et disparaît après une demi-heure sans laisser de trace. Cet érythème dure un peu plus longtemps si le tube a fonctionné avec la haute tension.

forte raison que pour les rayons X ordinaires. Nous avons donné 2050 milliminutes à une malade atteinte d'eczéma rebelle qui fut guérie (au niveau de la zone traitée) sans aucune réaction autre que la pigmentation banale. Un cobaye a reçu sur le dos rasé 7800 milliminutes qui ont produit un simple érythème.

La dose érythème varie considérablement selon les sujets : notre seuil personnel de 100 milliminutes est très bas et correspond à une peau fragile; par contre, la plupart des malades traités avaient un seuil voisin de 1000 milliminutes.

Nous avons appliqué en thérapeutique les rayons de 8 Å en commençant par une affection très rebelle aux médications usuelles : l'eczéma chronique des mains. Des essais comparatifs ont été faits avec des rayons de Bucky d'une part et des ultraviolets (3300-3700 Å) d'autre part. Des résultats remarquables que nous avons observés feront l'objet d'une prochaine Note. Ils prouvent que les rayons de 8 Angström ont une activité thérapeutique considérable dans certains cas et méritent d'être introduits en médecine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la concentration moléculaire du sang de l'Escargot. Influence de l'état d'activité de l'animal.* Note [1] de M. **Marcel Duval**, présentée par M. C. Matignon.

La concentration moléculaire du sang de l'Escargot n'a fait jusqu'à présent l'objet que d'un petit nombre de déterminations et n'a pas été étudiée systématiquement en fonction de l'état d'activité de l'animal.

On a remarqué depuis longtemps que l'humidité est le principal facteur qui détermine l'état d'activité ou de repos de ce mollusque. En dehors de la période d'hibernation, ces animaux, par temps sec, restent enfoncés dans leur coquille, mais dès que la pluie ou d'autres causes d'humidité surviennent (rosée), on les voit sortir en grand nombre et chercher leur nourriture. D'autre part le réveil des Escargots en hibernation s'obtient en les plaçant dans une atmosphère humide. Inversement on empêche le réveil naturel de ces animaux en les plaçant dans une atmosphère desséchée.

Il nous a semblé que ce facteur humidité devait régler l'état d'activité de l'Escargot par un processus physico-chimique. Nous avons d'abord pensé qu'il devait modifier la concentration moléculaire de son sang, et nous

(1) Séance du 19 décembre 1927.

avons mesuré cette concentration chez des *Helix pomatia* à différents états d'activité ou de repos (¹).

1° *Escargots en hibernation* (avec épiphragme). — Le Δ du sang est compris entre — 0°,37 et — 0°,43, les valeurs les plus élevées (— 0°,37) étant constatées au début de l'hibernation, les plus basses dans les derniers mois. La concentration du sang n'augmente donc que relativement peu pendant les six mois que dure l'hibernation. La teneur en chlore du sang varie parallèlement et reste comprise entre 4g,8 et 5g,2 de NaCl par litre.

2° *Escargots d'été, réveillés, actifs, se promenant.* — Le Δ du sang est toujours supérieur à — 0°,30. La valeur la plus élevée qui fut constatée est — 0°,30. On voit très nettement, en observant les animaux avant de mesurer le Δ de leur milieu intérieur que, plus la concentration de ce milieu augmente, moins l'animal est actif. C'est ainsi qu'un individu dont le sang se congelait à — 0°,39 était presque inerte, à moitié rentré dans sa coquille. Ceux que l'on rencontre au contraire se promenant dans les herbes mouillées par la rosée du matin ont un sang se congelant aux environs de — 0°,30.

La teneur en chlore varie comme le Δ. Elle est toujours inférieure à 4g,9 de NaCl par litre et s'abaisse à 3g,6 dans un sang se congelant à — 0°,30.

3° *Escargots d'été, inertes, rentrés dans leur coquille.* — Le Δ du sang fut toujours trouvé inférieur à — 0°,40 et la teneur en NaCl supérieure à 5g,0 par litre. Ce Δ est d'autant plus bas que les Escargots sont inertes depuis plus longtemps. Il reste compris entre — 0°,40 et — 0°,50 et la teneur en NaCl entre 5,0 et 6g,1 pour 1000 lorsque l'animal n'est inactif que depuis quelques jours. Si l'on maintient plus longtemps des *Pomatia* dans cet état le Δ peut s'abaisser davantage. C'est ainsi que deux individus qui survivaient seuls d'un lot de quinze abandonnés pendant deux mois avaient comme Δ du sang l'un — 0°,56 et l'autre — 0°,62, la teneur en NaCl étant de 6g,45 pour 1000 pour le premier et 7g,55 pour le second.

Il est intéressant de constater que, tandis que chez les *Pomatia* en hibernation le Δ du sang ne varie que de quelques centièmes de degré pendant toute sa durée (6 mois environ); au contraire la concentration du sang de ces animaux pris en dehors de cette période subit des variations beaucoup plus considérables. En effet, au moment où les *Pomatia* cessent de ramper

(¹) On a simplement indiqué, à notre connaissance, que le sang des Escargots en hibernation est plus concentré que celui des Escargots d'été. [Pour *Helix pomatia*, par Mlle Damboviceanu (*C. R. Soc. Biol.*, **89**, 1923, p. 261); pour *Helix aspersa*, par Clementi (*Atti Acad. Lincei*, **23**, 1924, p. 362).]

pour s'immobiliser dans leur coquille ou se coller contre une paroi, le Δ de leur sang est de — 0°,40. Très rapidement ce Δ s'abaisse à — 0°,45 et même — 0°,50 (en quelques jours), Δ très sensiblement inférieur à celui des mêmes animaux en fin d'hibernation qui ont eu 6 mois pour se déshydrater. On peut penser que cette très faible déshydratation pendant le sommeil hibernal est due à la présence de l'épiphragme calcaire que ces animaux sécrètent au moment de s'endormir. Cet épiphragme fait défaut l'été.

D'après l'ensemble de nos mesures, on voit qu'il y a un rapport très étroit entre l'activité de l'*Helix pomatia* et la concentration moléculaire de son sang.

Chez les Escargots d'été, la concentration correspondant à Δ = — 0°,40 est très importante à considérer. Toute cause hydratante qui amène la concentration du sang au-dessous de cette valeur rend actif l'animal qui était inerte. Inversement toute cause déshydratante qui augmente la concentration au-dessus de cette valeur rend inerte l'animal qui était actif.

On peut ainsi envisager le cycle d'un *Pomatia* l'été :

L'animal étant collé, inerte, le Δ de son sang est inférieur à — 0°,40 et s'abaisse peu à peu. Une cause hydratante quelconque intervient-elle, pluie, rosée etc., la concentration du sang s'abaisse et, quand elle devient inférieure à celle correspondant à Δ = — 0°,40, l'animal s'éveille, sort de sa coquille, cherche sa nourriture, s'alimente. Le Δ peut s'élever jusqu'à — 0°,30. Lorsque la cause d'hydratation a cessé, l'animal se déshydrate assez rapidement et quand le Δ de son sang a atteint 0°,40, il redevient inerte, rentré dans sa coquille. L'animal restera dans cet état d'engourdissement jusqu'à ce qu'une cause d'hydratation vienne de nouveau faire remonter le Δ. Si cette cause ne se produit pas, l'animal se déshydrate progressivement et finit par mourir sans être redevenu actif. D'après nos observations la mort survient quand le Δ s'est abaissé au-dessous de — 0°,60.

Pour terminer nous indiquerons que le chlorure de sodium représente environ 75 pour 100 de la concentration moléculaire totale. Ayant mesuré la teneur en gaz carbonique total du sang de *Pomatia* dans les différents états d'activité, nous l'avons trouvée voisine de 50^{cm^3} de CO^2 pour 100^{cm^3} de sang sans qu'elle paraisse sensiblement influencée par l'état d'activité de l'animal. Il en est de même du pH.

HISTOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Cellules nerveuses et virulence des glandes salivaires.* Note de MM. **Y. Manouélian** et **J. Viala**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente nous avons relaté qu'il était certain « que c'est en se propageant le long des nerfs que le virus rabique va dans la salive (Roux et Nocard, 1892) ». La présence d'innombrables cellules nerveuses parasitées dans les muqueuses des parois de la bouche et de la langue justifiait pleinement cette affirmation. Dans celle-ci, nous allons insister sur un fait très important relatif à la structure de ces organes et présenter quelques considérations sur le mécanisme de la virulence de la salive et sur l'infectiosité des glandes salivaires.

Nous croyons utile de rappeler aux expérimentateurs que les parois de la bouche et de la langue ne sont pas exclusivement constituées par une musculature recouverte par une muqueuse; mais elles sont criblées, pour ainsi dire, d'un nombre prodigieux de glandes salivaires : glandes séreuses et muqueuses. Il est certaines régions où les glandes l'emportent sur les muscles; notons que souvent la portion périphérique de ces glandes s'étale au-dessous de la muqueuse qu'elle soulève par places [1].

Comme dans les glandes parotide, sous-maxillaire et sublinguale, les glandes de la bouche et de la langue sont pourvues de neurones; cellules nerveuses incluses dans les rameaux, les ramuscules nerveux ou réunis en amas formant ainsi des ganglions nerveux. Fait intéressant, on trouve d'importants centres nerveux intra-glandulaires disposés à la périphérie de ces glandes, tout près de la muqueuse : Ainsi au système nerveux intramuqueux s'ajoute tout un appareil nerveux intra-glandulaire.

Tous ces neurones périphériques sont à une minime distance de la cavité buccale et il en est qui se trouvent juste au-dessous de l'épithélium qui est parfois d'une minceur extrême. Une fissure, une éraillure, un frottement tant soit peu violent à ce niveau et les neurones sont mis à nu. Or, chez les chiens enragés le cytoplasme de ces cellules contient le parasite de la rage; tel est pour nous l'explication de la virulence de la bave.

Mais est-il même besoin d'une solution de continuité pour permettre l'accès du parasite dans la cavité buccale? A une si petite distance ne peut-il pas franchir une si mince barrière? La chose est bien probable. S'il

(1) Les muscles manquent même au niveau de la voûte palatine où la muqueuse est en rapport avec une nappe glandulaire recouvrant la charpente osseuse.

en est ainsi, l'infection de la salive par le germe rabique ne serait pas due uniquement aux neurones de ces muqueuses; elle pourrait se réaliser par d'autres et multiples voies.

Envisageons un déplacement tant soit peu léger du parasite; la salive pourrait alors se contaminer dans les glandes salivaires mêmes, au moment de sa sécrétion et pendant sa traversée intra-glandulaire.

Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer des cellules nerveuses parasitées dans le voisinage immédiat des cellules des acini et des cellules des canaux excréteurs.

Si bien qu'une distance de quelques μ sépare les cellules nerveuses virulentes de la salive sécrétée dans les acini et contenue dans les canaux excréteurs; et les parasites n'ont qu'à franchir cette minime distance pour la contaminer. Nos recherches montrent donc qu'il est des points dans les glandes salivaires où les cellules nerveuses parasitées sont si proches des acini et des canaux excréteurs que l'infection rabique de la salive peut s'y réaliser aussi facilement qu'à la surface des muqueuses de la bouche et de la langue. Et comme ces neurones sont fort inégalement répartis dans ces glandes, on comprend que la virulence de la salive puisse varier d'un moment à l'autre; avirulente quand elle provient des régions où les cellules nerveuses manquent, la salive est infectée quand elle contient des parasites échappés des cellules nerveuses intra-glandulaires.

L'existence des centres nerveux dans les glandes salivaires, leur disposition particulière permettent de résoudre la question de la virulence de ces glandes.

Tous les auteurs sont d'accord pour affirmer la virulence constante des centres nerveux dans la rage, mais l'unanimité cesse quand il s'agit des glandes salivaires. Rappelons pour l'instant que sur cette question les opinions les plus opposées ont été soutenues par les savants les plus compétents; et nous ne nous permettrons pas de douter que leurs expériences aient été conduites avec toute la rigueur nécessaire. Nous pensons cependant que la divergence des auteurs serait due à la présence ou l'absence des centres nerveux virulents dans les fragments inoculés. Car pour nous, l'infectiosité des glandes salivaires est liée à l'existence des cellules nerveuses parasitées dans ces glandes. Et comme ces cellules y sont fort inégalement réparties, certaines portions de ces glandes peuvent se montrer avirulentes, alors que d'autres possèdent un pouvoir infectant considérable : c'est à la présence ou à l'absence de ces cellules que doivent être attribués les résultats positifs ou négatifs des inoculations des glandes salivaires.

La virulence de la bave s'explique donc par l'existence de certains filets

nerveux, de neurones, de ganglions nerveux dans les glandes salivaires et dans le voisinage immédiat de la cavité buccale, dans toute l'étendue des muqueuses des parois de la bouche et de la langue. Ces neurones, ces ganglions sont de vrais centres nerveux périphériques analogues aux ganglions sympathiques dont la grande virulence est prouvée par nos propres expériences,

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la vaccination antidysentérique chez l'homme.* Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Les nombreux travaux entrepris sur la vaccination des animaux de laboratoire contre le bacille de Shiga, pour intéressants qu'ils soient, ne nous permettent pas de tirer d'eux des conclusions applicables à l'homme. Ces animaux de laboratoire sont en effet très sensibles à la toxine dysentérique mais ne le sont pas à l'infection. D'autre part, les non moins nombreuses statistiques, publiées sur la valeur prophylactique des divers vaccins antidysentériques, essayés chez l'homme, sont contradictoires; les uns nous apportant des résultats excellents, d'autres des résultats médiocres ou nuls, bien qu'obtenus souvent par des méthodes identiques. Nous trouvant amenés à étudier d'importantes épidémies de dysenterie, causées soit par le b. de Shiga soit par le b. de Flexner, nous avons recherché, à notre tour, après bien d'autres, quelle pouvait être la meilleure méthode de vaccination applicable aux deux infections. Seule la recherche expérimentale sur l'homme nous a permis d'arriver à des résultats qui nous semblent concluants.

Nous avons vacciné de nombreux sujets, les uns contre le b. de Shiga, les autres contre le b. de Flaxner, soit par voie buccale, soit par injection sous-cutanée de bacilles tués, soit par injection sous-cutanée de bacilles vivants. Ces derniers vaccins ont été préparés avec des cultures sur tubes de gélose sèche, suivant la technique que nous avons décrite ailleurs (¹).

Nous donnerons, dans un Mémoire plus étendu, le détail de nos expériences. Disons ici simplement que les vaccinés par voie buccale ont reçu, en moyenne, quatre doses de vaccin prises à 8 ou 10 jours d'intervalle. Chaque dose comprenait une émulsion très épaisse de bacilles tués (5^{cm^3}) ou une forte dose de toxine dysentérique (10 à 30^{cm^3}). Les vaccinés par voie

(¹) G. Blanc et J. Caminopetros, *C. R. Soc. Biologie*, 96, 1927, p. 509.

sous-cutanée recevaient quatre à cinq injections, faites à 8 ou 10 jours d'intervalle. Chaque injection représentait, pour les uns 5 à 6 milliards de germes tués, pour les autres 5 à 6 milliards de germes vivants [1].

Vingt-cinq jours après la dernière vaccination, tous les sujets ont été éprouvés par ingestion d'une culture vivante, soit de b. de Shiga, soit de b. de Flexner, en même temps que des témoins non vaccinés.

Les expériences ont été faites sur nous et sur des volontaires.

Au total, 51 sujets ont été éprouvés. Voici le résumé des résultats obtenus.

I. — *Vaccination par voie buccale.*

	Shiga.	Flexner.		Shiga.
Vaccinés	13	8	Témoin	1
Éprouvés	13	8	Éprouvé	1
Réagissent	8	6	Réagit	1

Soit 65,53 pour 100 ont réagi à l'épreuve du b. de Shiga; 75 pour 100 à celle du b. de Flexner.

Au total, la vaccination par voie buccale a échoué dans 68,26 pour 100 des cas.

II. — *Vaccination par injection de bacilles tués.*

	Shiga.	Flexner.
Vaccinés	8	10
Éprouvés	8	2
Réagissent	5	2

Soit 62,5 pour 100 ont réagi à l'épreuve du b. de Shiga; 100 pour 100 à celle du b. de Flexner.

Au total, la vaccination par injection de bacilles tués a échoué dans 81,25 pour 100 des cas.

III. — *Vaccination par injection de bacilles vivants.*

	Shiga.	Flexner.		Shiga.	Flexner.
Vaccinés	13	14	Témoins	10	1
Éprouvés	13	7	Éprouvés	10	1
Réagissent	0	0	Réagissent	7	1

(1) Nous n'avons jamais pu retrouver de bacilles de Shiga ou de Flexner dans les selles des vaccinés par bacilles vivants. Il ne semble donc pas qu'il y ait à craindre de créer des porteurs de germes par cette méthode de vaccination.

Au total, la vaccination par injection de bacilles vivants a été efficace dans 100 pour 100 des cas.

Conclusion. — Autant qu'on est en droit de le faire, d'un nombre relativement restreint d'expériences, nous pouvons conclure des nôtres que la vaccination antidysentérique par injection de bacilles vivants est inoffensive et efficace. Inoffensive pour le sujet vacciné et inoffensive pour la collectivité, car ces vaccinés ne deviennent pas des porteurs de germes. Efficace puisque aucun des vaccinés n'a réagi à l'inoculation d'épreuve, malgré sa sévérité, alors que les non vaccinés, ou les sujets vaccinés avec des microbes tués, se sont infectés en presque totalité.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Impossibilité de vacciner la chèvre contre le* M. melitensis *par des doses énormes de vaccin.* Note de M. **Burnet**, présentée par M. Roux.

La vaccination préventive de la chèvre contre le *M. melitensis* réaliserait la meilleure prophylaxie de la fièvre méditerranéenne. Malheureusement, chaque fois que la bactériologie fait un pas vers ce but, le but recule devant elle.

Une nouvelle possibilité de vaccination s'offrait : la vaccination par des doses énormes de vaccin. Il a suffi d'une expérience pour détruire cet espoir.

En effet, chez des chèvres infectées expérimentalement de *M. melitensis*, chargées et surchargées de virus, observées pendant un temps très long, jusqu'à trois années, finalement sacrifiées et autopsiées, nous avons naguère obtenu des résultats paradoxaux qui prouvaient, non seulement que la chèvre est très résistante au *melitensis*, mais qu'il peut s'accomplir à la longue, chez elle, une stérilisation spontanée des organes. Chez plusieurs chèvres infectées et surinfectées, l'hémoculture avait toujours été négative et, à l'autopsie, d'abondants ensemencements de tous les organes étaient restés stériles [1].

Ces faits paraissaient indiquer la possibilité d'une vaccination et nous en étions venus à penser que la vaccination de la chèvre est réalisable à condition de vacciner avec des doses très fortes et accumulées.

De leur côté, Mauricio Ascoli et Sanfilippo [2] auraient réussi à vacciner

---

(1) *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 15, fasc. II, juin 1926, p. 132.

(2) *J. trop. Medicine and Hygiene*, 30, II, 1927, p. 17.

la chèvre au moyen de 4 injections, à intervalles de 10 jours, de doses colossales : 2, 4, 8 et 18 boîtes (*plates*) de cultures chauffées ou traitées par le chlorure d'or. Épreuve par ingestion un mois après la quatrième injection. Après un nouvel intervalle d'un mois, les animaux sont sacrifiés et autopsiés. Chez deux chèvres traitées (une adulte et une jeune), aucune lésion, tous les organes stériles. Chez la chèvre témoin, grosse rate, gros ganglions, hyperémie de l'intestin ; tous les organes ont donné de nombreuses colonies de *melitensis*.

Notre expérience n'a pas confirmé les résultats de MM. Ascoli et Sanfilippo.

Chèvre d'un an. — Ensemencement du sang, stérile. Réaction de Vright, négative. Reçoit les injections suivantes, toujours sous-cutanées, de corps microbiens tués :

1. 16 juin : 5^{cm^3} = environ 25 milliards de *melitensis* chauffés, additionnés de tapioca (technique de Ramon). Pas de réaction thermique.

2. 27 juin : 5 tubes = 80 milliards environ de *melitensis* chauffés, additionnés de 3 tubes de cultures de streptocoques en bouillon, non chauffés. Réaction de 1°,4 (7e heure)

3. 12 juillet : 2^{cm^3} = 20 milliards de *B. abortus* chauffés, additionnés de B. typhiques vivants (une culture sur gélose). Réaction de 1° (5e heure).

4. 21 juillet : 2 cultures sur gélose = environ 35 milliards de *melitensis* chauffés Réaction de 0°,8 (3e heure).

5. 8 août : 30^{cm^3} = 1200 milliards de *melitensis* tués par le formol. Réaction de 1°,2 (6e heure).

A la suite de cette injection se forme une masse indurée qui se résorbe dans le mois suivant.

19 août : Hémoculture, négative. Le sérum agglutine la souche d'*abortus* que nous employons couramment pour nos séro-diagnostics à 1200.

16 septembre : Séro-réaction, 600.

18 octobre : *Épreuve.*— En même temps qu'à une chèvre témoin, de même race, de même poids, de même âge, inoculation sous-cutanée de 2^{cm^3} = 2 milliards d'un *melitensis* isolé deux mois auparavant d'un cas tunisien de fièvre ondulante.

	Chèvre traitée.	Témoin.
2 novembre (14 jours après l'épreuve) :		
Hémoculture, pouvoir agglutinant......	+ 800	+2500
12 novembre :		
Hémoculture, pouvoir agglutinant......	+1000	+1400
14 décembre :		
Hémoculture, pouvoir agglutinant......	+ 800	+ 800

Positives, les trois hémocultures ont prouvé d'emblée que la chèvre traitée n'a pas été protégée par les doses énormes de corps microbiens qu'elle a reçues.

Négatives, elles n'eussent point prouvé que la chèvre était vaccinée :

d'assez nombreuses expériences nous ont montré que, chez une chèvre dont les organes sont infectés et donnent d'abondantes cultures, l'ensemencement du sang peut, au même moment, être stérile.

Nous aurions encore pu trouver, comme dans une expérience antérieure, comme ici au troisième ensemencement, l'hémoculture négative chez le témoin et positive chez la traitée, — l'une et l'autre étant d'ailleurs infectées [1].

On pourrait nous objecter que les doses ont été moins énormes dans notre expérience que dans celle de MM. Ascoli et Sanfilippo. Déjà le nombre et la masse de nos inoculations sortent du cadre de la pratique; positive, notre expérience aurait eu, comme la leur, une portée surtout théorique. Elle aurait du moins établi qu'on peut vacciner la chèvre.

Ce résultat, nous ne l'avons pas obtenu.

Nous concluons que, même avec des doses énormes de vaccin, la chèvre n'est pas vaccinée.

Les réactions allergiques à la mélitine, les caractères cliniques, anatomiques et bactériologiques de l'infection à *melitensis* chez la chèvre et nos anciennes constatations que nous avons rappelées, indiquent que la chèvre, vis-à-vis du *melitensis*, n'est pas susceptible de *vaccination*, mais seulement de ce qu'on a appelé *prémunition*. Cette conclusion ne s'applique pas à l'homme, lequel peut être vacciné préventivement.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

---

(1) *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 12, II, 1923, p. 205.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1927.

Conspectus de la Flore de France ou Catalogue général des espèces, sous-espèces, races, variétés, sous-variétés et formes hybrides contenues dans la « Flore de France » par GEORGES ROUY. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. LECOMTE. Tome V, fasc. 6 : *Euphorbiacées* (fin), par F. GAGNEPAIN et L. BEILLE; *Ulmacées*, par F. GAGNEPAIN. Paris, Masson, 1927; 1 vol. 25cm,5.

Causerie scientifique : Dandinement, shimmy et pseudo-shimmy d'une voiture automobile, par D. SENSAUD DE LAVAUD. Paris, chez l'auteur, 179, rue de la Pompe, 1927; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Rateau.)

Les vitesses critiques d'une voiture automobile. Dandinement et shimmy, par D. SENSAUD DE LAVAUD. Paris, chez l'auteur, 179, rue de la Pompe, 1927; 1 vol. 24cm.

Une nouvelle théorie des perceptions visuelles et ses applications, par A. QUIDOR et MARCEL A. HÉRUBEL. Paris, Gaston Doin et Cie, 1927; 1 fasc. 24cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. JULES RICHARD, Fasc. LXXIII : *Alcyonaires provenant des campagnes scientifiques du prince Albert Ier de Monaco*, par J. ARTHUR THOMSON. Imprimerie de Monaco, 1927; 1 vol. 35cm.

Université de Bucarest. Travaux du laboratoire de Paléontologie. Trente Notes sur l'organisation des molaires et sur la phylogénie des éléphants et des mastodontes, par SABBA STEFANESCU. Sans lieu, chez l'auteur, 1927; 1 vol. 26cm,5.

Précis de parasitologie, par E. BRUMPT. Paris, Masson et Cie, 1927; 1 vol. 19cm,5. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Petit Manuel illustré de la mise en valeur de nos colonies, par P. GRANDADAM. Mulhouse, chez l'auteur, 56, rue de Bâle, 1923; 1 vol. 23cm,5.

Une grande œuvre française au Brésil, par SEPTIME GORCEIX. Paris, *Revue de l'Amérique latine*, 1927; 1 fasc. 25cm.

Les expériences monétaires contemporaines, par GEORGE-EDGAR BONNET. Paris, Armand Colin, 1926; 1 vol. 17cm,5.

Projet de règles internationales urgentes pour empêcher tout risque d'abordages un brume, entre des escadres ou des convois, ou entre des bâtiments à moteurs navigeant isolément, par F.-E. FOURNIER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 23cm.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie, publiées sous le patronage de l'Union de Chimie pure et appliquée, par CHARLES MARIE. Volume VI, années 1923-1924. Première Partie. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 28cm.

Commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée. *Faune et flore de la Méditerranée*, publiée sous la direction de LOUIS JOUBIN. Paris, Institut océanographique, 1927; 1 cahier de planches, 30cm.

Quantities of Materials and Costs per Square Foot of Floor for Highway and Electric-railway Long-span Suspension Bridges, by J. A. L. WADDELL (*in* American Society of Civil Engineers, *Transactions*, vol. 91, décembre 1927, p. 884); 1 fasc. 22cm, 5.

Société des Ingénieurs civils de France. Séance solennelle du 11 juin 1927, pour commémorer le 100e anniversaire de la réalisation industrielle de la turbine par Benoît Fourneyron. Discours de A. RATEAU. Paris, Société des Ingénieurs civils, 1927; 1 fasc. 24cm.

Théorie des invariants intégraux, par TH. DE DONDER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 24cm, 5.

Précis d'analyse chimique. Tome I : *Principes généraux; tables numériques*; Tome II : *Recherche et dosage des cations*, par MARCEL BOLL et JACQUES LEROIDE. Paris, Dunod, 1927; 2 vol. 25cm, 5. (Présentés par M. Georges Urbain.)

Faune de France. 16 : *Polychètes sédentaires*, par PIERRE FAUVEL. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Nouvelles tables de $\log n!$ *à* 33 *décimales depuis* $n=1$ *jusqu'à* $n=3000$, par F.-J. DUARTE. Genève, Albert Kundig, 1927; 1 vol. 24cm, 5. (Présenté par M. Fichot.)

Économie rationnelle, par F. DIVISIA. Paris, Gaston Doin, 1928; 1 vol. 17cm, 5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Les hauts salaires, par F. BAYLE. Paris, Félix Alcan, 1927; 1 vol. 20cm, 5. (Présenté par M. Lallemand.)

Œuvres géologiques de MARCEL BERTRAND, *recueillies par Emm. de Margerie et publiées sous les auspices de l'Académie des sciences.* Tome I. Paris, Dunod, 1927; 1 vol. 25cm, 5.

Cours d'astronomie et de géodésie de l'École Polytechnique, par H. FAYE, revu et mis à jour par R. BOURGEOIS. Première Partie : *Astronomie sphérique; application à la navigation; théorie des erreurs; géodésie; géographie mathématique.* 2e fasc. : *Géodésie-géographie*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 25cm.

Sur la « somme » d'une fonction, par N.-E. NÖRLUND, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, 1927, fasc. 24. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 25cm, 5.

PTOLÉMÉE. *Composition mathématique, traduite pour la première fois du grec en français par* M. HALMA (*avec le texte grec*) *et suivie des notes de* M. DELAMBRE. Tomes I et II. (Réimpression fac-similé.) Paris, J. Hermann, 1927; 2 vol. 24cm.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1927.

Nomographic Calculations of the Elastic Strength of Hooped or Wire Gums, in *Journal of the Faculty of Engineering*, by T. TANIMURA. Tokio, Imperial University, 1926; 1 fasc. 26cm. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Interprétation du relativisme d'après une opinion de M. Painlevé, par PAUL DUPONT. Paris, Presses universitaires de France, 1927; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. Lecornu.)

L'universion, par GEORGES LAKHOVSKY. Paris; Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 23cm,5. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques, esquisse générale comprenant : calcul mécanique, calcul graphique, calcul graphomécanique, calcul nomographique, calcul nomomécanique, par MAURICE D'OCAGNE. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928; 1 vol. 23cm.

Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale; Comité national français; section d'hydrologie scientifique. Assemblée plénière de Prague (septembre 1927.) Questions 2 et 3 : *Prévisions des crues et des étiages*, par ÉDOUARD IMBEAUX. Pithiviers, 1927; 1 fasc. 28cm.

Ministère du Commerce et de l'Industrie; Office national des combustibles liquides; *Rapport sur la politique française des carburants et l'activité de l'Office national des combustibles liquides pendant la période* 1925-*septembre* 1927, par LOUIS PINEAU. Paris, Imprimerie nationale, 1927; 1 fasc. 21cm,5. (Présenté par M. Barrois.)

Quantities of materials and costs per square foot of floor for highway and Electric-railway long-span Suspension Bridges, by J. A. L. WADDELL in *American Society of civil engineers*, paper n° 1649. New-York, 1927; 1 fasc. 23cm.

Sur le Colpomenia sinuosa *Derb. et Sol.. Sur l'alternance des générations chez le* Nereia filiformis *Zan. Sur le* Castagnea Zosteræ *Thur.*, par CAMILLE SAUVAGEAU, in *Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, t. 24. Bordeaux, Siraudeau, 1927; 1 fasc. 24cm.

Faune de France. 17. *Diptères* (*Brachycères*) (Asilidæ), par E. SÉGUY. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques et leurs applications, par PAUL MONTEL, recueillies et rédigées par J. BARBOTTE. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Émile Borel.)

Extension aux fonctions algébroïdes multiformes du théorème de M. Picard et de ses généralisations, par GEORGES RÉMOUNDOS, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 23. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 25cm.

(*A suivre.*

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-CINQUIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1927.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 185.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Y

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
83226-28 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.